

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAAGUAZÚ
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL HORMIGÓN
UTILIZADO EN CONSTRUCCIONES CIVILES DE LA
CIUDAD DE CORONEL OVIEDO.

MARIO JAVIER SERVIN GONZÁLEZ

Coronel Oviedo, Paraguay

Año: 2019

ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL HORMIGÓN UTILIZADO EN CONSTRUCCIONES CIVILES DE LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO.

Elaborado por

MARIO JAVIER SERVIN GONZÁLEZ

Tutor

ING. MSc. ROBERTO ROJAS HOLDEN.

Trabajo presentado a la Facultad de Ciencias y
Tecnologías de la Universidad Nacional de Caaguazú,
como requisito para la obtención del título de Ingeniero
Civil.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAAGUAZU
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

Coronel Oviedo - Paraguay

Año 2019

PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo de fin de grado para la obtención del Título de Ingeniero Civil aprobado en representación de la Facultad Ciencias y Tecnología de la Universidad Nacional de Caaguazú, por el Tribunal Examinador constituido por los siguientes profesores.

Prof. Ing.

Prof. Ing.

Prof. Ing.

Dedicado a:

A mi hermosa y valiente madre, Ángela González y a mi querido padre, César Servín por tanto amor y tanta paciencia, y por todos los esfuerzos que han realizado durante todos estos años para suplir todo tipo de necesidad a pesar de las dificultades que han atravesado.

A mis hermanos, Victor, Hugo, Gloria, Cinthia y Enrique por tanto apoyo que me han brindado para llegar a la etapa final de esta carrera de grado.

Agradecimientos:

A Dios Todopoderoso; aunque yo no le pueda ver, puedo sentir su amor, que renueva mis fuerzas todos los días para llegar a la anhelada meta.

A mis padres y hermanos por la paciencia y amor que me han brindado siempre.

A los señores, Yolanda Zelaya y Corazón Duré, por haberme acogido y apoyado durante estos años de formación profesional.

A mi casa de estudio y a los profesionales que han aportado sus conocimientos para mi formación.

A mi tutor, Ing. MSc. Roberto Rojas Holden, por tanta paciencia y disponibilidad para la realización de este estudio.

A familiares y amigos por tanto apoyo durante todos estos años.

ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL HORMIGÓN UTILIZADO EN CONSTRUCCIONES CIVILES DE LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO.

Mario Servin

RESUMEN

Se realizó el estudio de la calidad del hormigón utilizado en las construcciones civiles de la ciudad de Coronel Oviedo, para lo cual se hizo el muestreo de 13 obras en total de diferentes elementos estructurales.

Se evaluó si estos alcanzan la resistencia característica que exige la norma, previamente se realizó la encuesta al encargado de la obra para saber el nivel de conocimiento que con respecto al tema.

Con esta investigación se espera tener un panorama del grado de control del hormigón elaborado in-situ de la ciudad de Coronel Oviedo y proponer una alternativa de dosificación y recomendaciones para mejorar la resistencia obtenida, que reúna las condiciones de calidad y de costos, basándose en los materiales más usado en obra.

STUDY OF THE QUALITY OF THE CONCRETE USED IN CIVIL CONSTRUCTIONS OF THE CITY OF CORONEL OVIEDO

Mario Servin

SUMMARY

The study of the quality of the concrete used in the civil constructions of the city of Coronel Oviedo was carried out, for which a total of 13 works of different structural elements were sampled.

It was evaluated if they reach the characteristic resistance required by the norm, previously the survey was carried out to the person in charge of the work to know the level of knowledge that regarding the subject.

With this research, it is expected to have an overview of the degree of control of the concrete produced in-situ of the city of Coronel Oviedo and propose an alternative dosage and recommendations to improve the resistance obtained, which meets the quality and cost conditions, based on the most used materials on site.

CONTENIDO

DEDICADO A:	4
<i>Agradecimientos:</i>	5
<i>LISTA DE TABLAS:</i>	13
<i>LISTA DE ILUSTRACIONES:</i>	15
<i>CAPITULO I</i>	18
1 GENERALIDADES	18
1.1 INTRODUCCIÓN	18
1.2 OBJETIVOS	19
1.2.1 <i>Objetivos Generales</i>	19
1.2.2 <i>Objetivos Específicos</i>	19
1.3 ALCANCE.....	19
1.4 LIMITACIONES	19
1.5 LOCALIZACIÓN FÍSICA Y COBERTURA ESPACIAL.....	20
1.6 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	22
1.7 SOLUCIÓN PROPUESTA POR EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	22
1.8 JUSTIFICACIÓN.....	23
<i>CAPITULO II</i>	24
2 MARCO TEORICO	24
2.1 CONCEPTO DE HORMIGÓN	24
2.2 COMPONENTES DEL HORMIGÓN.	24
2.2.1 <i>Cemento Portland</i>	25
2.2.1.1 Existen cinco tipos de cemento portland, para diversos usos, según la ASTM – C – 150 – 76 y según la Norma Paraguaya NP 17 044 80.....	25
2.2.1.2 Especificaciones de los Cementos:	26
2.2.1.2.1 Requisitos Especiales	28
2.2.2 <i>Agregados para Hormigón</i>	30
2.2.2.1 Agregado Fino.	30
2.2.2.2 Agregado Grueso.	31
2.2.3 <i>Aditivo</i>	32

2.2.4	<i>Agua</i>	32
2.3	CONTROL DE CALIDAD DEL HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO.	35
2.3.1	<i>Toma de muestra del hormigón fresco; Guía de Laboratorio N° 4/H...</i>	35
2.3.2	<i>Moldeo de Probetas; Guía de Laboratorio N° 4/H</i>	36
2.3.3	<i>Curado de Probetas de hormigón; Guía de Laboratorio N° 6/H</i>	38
2.3.3.1	Almacenamiento:	38
2.3.4	<i>Asentamiento del hormigón fresco. Método del Cono de Abrams (ASTM C-143); Guía de Laboratorio N° 6/H</i>	39
2.4	CONTROL DE CALIDAD DEL HORMIGÓN EN ESTADO ENDURECIDO.	41
2.4.1	<i>Ensayo de resistencia a la Compresión de probetas cilíndricas (ASTM C-39); Guía de Laboratorio N° 8/H</i>	41
2.4.1.1	Procedimiento.....	41
2.4.1.2	Preparación y acondicionamiento de las probetas:	42
2.4.1.3	Colocación de la probeta:	43
2.4.1.4	Expresión de Resultados	44
2.4.1.5	Aceptabilidad de los resultados de ensayo de resistencia a compresión de probetas de hormigón.	44
2.4.2	<i>Control Estadístico del Hormigón.</i>	45
2.4.2.1	Análisis estadístico de los resultados de resistencia a compresión.....	45
2.4.2.2	Funciones Estadísticas	45
2.4.2.2.1	Definiciones esenciales del control estadístico	48
2.5	ESTÁNDARES DE CONTROL SEGÚN LA NORMA ACI 318S-08.....	49
2.5.1	<i>Evaluación y aceptación de resistencia.</i>	50
2.5.1.1	Criterio N.º 1	50
2.5.1.2	Criterio N.º. 2	51
2.5.1.3	Criterio N.º 3	52
2.6	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL HORMIGÓN SEGÚN LA NORMA PARAGUAYA NP 17 058 08 – HORMIGÓN ELABORADO. - ESPECIFICACIONES, TRANSPORTE, COLOCACIÓN, COMPACTACIÓN Y CURADO.	53
2.7	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	55
2.7.1	<i>Curado del Hormigón:</i>	55
2.7.2	<i>Trabajabilidad del Hormigón:</i>	55

2.7.3	<i>Resistencia Característica a la Compresión del Hormigón:</i>	55
2.7.4	<i>Análisis Granulométrico:</i>	55
2.7.5	<i>Fraguado:</i>	56
2.7.6	<i>Segregación</i>	56
2.7.7	<i>Exudación</i>	56
	CAPITULO III	57
3	METODOLOGIA Y TECNICAS A UTILIZAR	57
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	57
3.2	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.	57
3.2.1	<i>Trabajo de Campo</i>	57
3.2.1.1	Visita al responsable de la obra.....	60
3.2.1.2	Ubicación de las construcciones evaluadas.	61
3.2.1.3	Relevamiento de datos de la obra.	63
3.2.1.4	Durante el hormigonado	66
3.2.2	<i>Después del Hormigonado.</i>	67
3.2.2.1	Ensayo de Rotura a Compresión.....	68
	CAPITULO IV	70
4	ANÁLISIS DE LOS MATERIALES.	70
4.1	MATERIALES UTILIZADOS.	70
4.1.1	<i>Cemento</i>	70
4.1.2	<i>Agregado Grueso.</i>	72
4.1.3	<i>Agregado fino</i>	72
4.1.4	<i>Agua</i>	73
4.2	DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN.	78
4.2.1	<i>Mezclado de los Materiales</i>	81
	CAPITULO V	83
5	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	83
5.1	EVALUACIÓN DE ENCUESTA	83
5.2	ANÁLISIS DEL HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO.	87
5.3	ANÁLISIS DEL HORMIGÓN EN ESTADO ENDURECIDO.	89

	CAPITULO VI.....	94
6	DESARROLLO Y DISEÑO DE UNA DOSIFICACIÓN.....	94
6.1	PASOS A SEGUIR PARA LA DOSIFICACIÓN; GUÍA DE LABORATORIO N° 3/H..	95
6.1.1	<i>1er Paso: Selección del Asentamiento.</i>	<i>96</i>
6.1.2	<i>2do Paso: Tamaño máximo del agregado grueso.</i>	<i>96</i>
6.1.3	<i>Paso 3: Consumo de agua aproximado y cantidad de aire aprisionado</i>	<i>96</i>
6.1.4	<i>Paso 4: Cálculo de la resistencia media del hormigón.</i>	<i>97</i>
6.1.5	<i>Paso 5: Selección de la Relación Agua/Cemento</i>	<i>98</i>
6.1.6	<i>Paso 6: Consumo de cemento.....</i>	<i>98</i>
6.1.7	<i>Paso 7: Consumo de agregado grueso.</i>	<i>99</i>
6.1.8	<i>Paso 8: Consumo de Agregado Fino.....</i>	<i>99</i>
6.1.9	<i>Paso 9: Ajuste del agua debido a la humedad de los agregados.</i>	<i>100</i>
6.1.10	<i>Paso 10: Mezclas experimentales.</i>	<i>100</i>
6.2	DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA DE DOSIFICACIÓN.....	100
6.2.1	<i>Materiales.....</i>	<i>101</i>
6.2.2	<i>Agregados</i>	<i>101</i>
6.2.3	<i>Cemento.....</i>	<i>109</i>
6.2.4	<i>Agua</i>	<i>109</i>
6.2.5	<i>Herramientas</i>	<i>109</i>
6.2.6	<i>Diseño de mezcla de hormigón por la Norma ACI 211.1.....</i>	<i>110</i>
6.3	ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS.....	113
	CAPITULO VII.....	115
7	EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA	115
7.1	ORGANIZACIÓN DE LA CUADRILLA PARA VACIADO DE LOSA	115
7.2	ANÁLISIS DE COSTO DE LAS OBRAS ESTUDIADAS Y DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN.	116
7.3	ANÁLISIS DE COSTO DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN	117
7.3.1	<i>Análisis de Costo de la Dosificación Planteada.....</i>	<i>117</i>
7.3.2	<i>Análisis de Costo de la Dosificación más usada en la Ciudad de Coronel Oviedo.....</i>	<i>118</i>

7.3.3	<i>Análisis de Costo del Hormigón Elaborado</i>	119
	<i>CAPITULO VIII</i>	120
8	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:	120
8.1	CONCLUSIONES	120
8.2	RECOMENDACIONES	122
9	BIBLIOGRAFÍA	123
10	ANEXO	124

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1: Tipo, nomenclatura y composición de los cementos para uso general....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 2: Tipos de cementos. Requisitos especiales.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 3: Clasificación de la granulometría en el Paraguay.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 4: Especificaciones técnicas del agua para uso en hormigón, Norma Paraguaya NP N.º 69.</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 5: Efectos de impurezas producidos al hormigón.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 6: Asentamiento del hormigón en función de tipo de elemento y métodos de compactación.</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 7: Tiempo permisible de tolerancias para ensayo de resistencia de probetas de hormigón.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 8: Factor de Corrección para probetas Cilíndricas.</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 9: Estándares de control del hormigón.</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 10:: Factor de modificación para la desviación estándar de la muestra cuando se dispone de menos de 30 en ensayos.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 11: Resistencia media a la compresión requerida cuando hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 12: Resistencia característica especificada para diseño cuando no hay suficientes datos para establecer la desviación estándar.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 13: Resistencia mínima requerida para tres ensayos consecutivos. NP 17 058 08</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 14: Flujograma de desarrollo del trabajo de investigación.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 15: Dirección de las obras evaluadas.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 16: Características Físicas y Químicas del Cemento Portland Puzolanico CP IV-32, de la marca Vallemi.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 17: Procedencia y tipos de agregados.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 18: Comparación de los resultados de los análisis del agua y la Norma Paraguaya N.P N.º 69</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 19: Lugares de extracción del agua para su análisis.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 20: Dosificación y resistencia de las construcciones estudiadas.</i>	<i>80</i>

<i>Tabla 21: Valores de ensayo de Asentamiento de las construcciones de Coronel Oviedo.</i>	87
<i>Tabla 22: Resumen de las Resistencias características obtenidas a los 28 días, de las construcciones de la ciudad de Coronel Oviedo.</i>	90
<i>Tabla 23: Criterios de aceptación de una muestra de hormigón.</i>	91
<i>Tabla 24: Resistencias características más elevadas.</i>	94
<i>Tabla 25: Asentamientos recomendados para diversos tipos de construcción.</i>	96
<i>Tabla 26: Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes Asentamientos y tamaños máximos de agregados.</i>	97
<i>Tabla 27: Valores orientativos de la resistencia media en función de la resistencia característica.</i>	98
<i>Tabla 28: Volumen del agregado grueso (m³) por volumen unitario del hormigón (kg/m³).</i>	99
<i>Tabla 29: Resumen de Dosificación del Hormigón.</i>	100
<i>Tabla 30: Análisis granulométrico y propiedades de la Arena.</i>	103
<i>Tabla 31: Análisis granulométrico y propiedades de la piedra triturada Tipo 6ta.</i>	104
<i>Tabla 32: Análisis granulométrico y propiedades de la piedra tritura Tipo 5ta.</i>	106
<i>Tabla 33: Análisis granulométrico y propiedades de la piedra tritura Tipo 4ta.</i>	107
<i>Tabla 34: Especificaciones del cemento usado.</i>	109
<i>Tabla 35: Herramientas utilizadas en la elaboración de probetas.</i>	109
<i>Tabla 36: Propiedades y características de los diferentes componentes del hormigón.</i>	111
<i>Tabla 37: Resumen de la dosificación para $f_{ck}=200\text{kg/cm}^2$.</i>	112
<i>Tabla 38: Resultados de ensayos de rotura de hormigón $f_{ck}=200\text{ kg/cm}^2$.</i>	113
<i>Tabla 39: Análisis de costo de la dosificación planteada.</i>	117
<i>Tabla 40: Análisis de costo de la dosificación más usada en la ciudad de Coronel Oviedo.</i>	118
<i>Tabla 41: Análisis de costo del hormigón elaborado.</i>	119
<i>Tabla 42: Resultado de los ensayos físico - químico bacteriológico.</i>	125

LISTA DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1: Ubicación de la Ciudad de Coronel Oviedo.....</i>	<i>20</i>
<i>Ilustración 2: Imagen Satelital de la ciudad de Coronel Oviedo.....</i>	<i>21</i>
<i>Ilustración 3: Composición típica del Hormigón en volumen.</i>	<i>24</i>
<i>Ilustración 4: Metodología de compactación y terminación de probetas de hormigón.....</i>	<i>37</i>
<i>Ilustración 5: Metodología para determinar la consistencia del hormigón</i>	<i>39</i>
<i>Ilustración 6: Extracción de probetas de la cámara de humedad.</i>	<i>42</i>
<i>Ilustración 7: Prensa utilizado para ensayo de Resistencia a la Compresión.....</i>	<i>43</i>
<i>Ilustración 8: Distribución normal de frecuencias sobre resultados de ensayos... </i>	<i>46</i>
<i>Ilustración 9: Curva de frecuencia normal.</i>	<i>47</i>
<i>Ilustración 10: Ubicación satelital de las obras visitadas</i>	<i>62</i>
<i>Ilustración 11: Formato de encuesta realizado a la construcción C-1.....</i>	<i>64</i>
<i>Ilustración 12: Trabajo de muestreo en la obra C-3.....</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 13: Preparación del hormigón para el ensayo de Asentamiento en la obra C- 12.....</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 14: Medición del Asentamiento en la obra C-06.....</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 15: Molde de probeta correspondiente a la construcción C-11</i>	<i>67</i>
<i>Ilustración 16: Curado de Probetas.</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 17: Entrada a la Cantera de Aguapety; Km 145 de la Ruta N° 8 Dr. Blas Garay.....</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 18: Ensayo de rotura a compresión realizada en la cantera Aguapety.</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 19: Productos comercializados por el Instituto Nacional del Cemento</i>	<i>71</i>
<i>Ilustración 20: Origen del agregado fino y grueso</i>	<i>76</i>
<i>Ilustración 21: Tipo de agregado utilizado en la elaboración de la mezcla del hormigón.....</i>	<i>77</i>
<i>Ilustración 22: Tipo de Cemento y Origen del Agua usado en la elaboración del Hormigón.....</i>	<i>78</i>
<i>Ilustración 23: Tipo y cantidad de elementos estructurales evaluados.....</i>	<i>79</i>

<i>Ilustración 24: Dosificación típica de Agregado Fino y Agregado Grueso usado en las construcciones civiles de la Ciudad de Coronel Oviedo.</i>	<i>81</i>
<i>Ilustración 25: Tipo de mezcladora utilizado.....</i>	<i>82</i>
<i>Ilustración 26: Categoría del encargado de la construcción.</i>	<i>84</i>
<i>Ilustración 27: Conocimiento adquirido del encargado de la construcción.</i>	<i>84</i>
<i>Ilustración 28: Modalidad de la construcción.</i>	<i>85</i>
<i>Ilustración 29: Conocimiento de la resistencia característica del hormigón que alcanzará con la dosificación empleada.</i>	<i>85</i>
<i>Ilustración 30: Conocimiento de la relación agua/cemento.</i>	<i>86</i>
<i>Ilustración 31: Especificación de la resistencia característica en los planos </i>	<i>86</i>
<i>Ilustración 32: Asentamiento del hormigón de la ciudad de Coronel Oviedo.....</i>	<i>88</i>
<i>Ilustración 33: Resistencia a la compresión a los 28 días de las construcciones de Coronel Oviedo.....</i>	<i>92</i>
<i>Ilustración 34: Correspondencia entre la relación agua /cemento y la resistencia media a la compresión del hormigón.....</i>	<i>98</i>
<i>Ilustración 35: Extracción del agregado grueso de la cantera Aguapety para el diseño de la dosificación de solución.</i>	<i>102</i>
<i>Ilustración 36: Extracción del agregado fino de la Arenera Ynambukua para el diseño de la dosificación de solución </i>	<i>102</i>
<i>Ilustración 37: Curva granulométrica compensada del agregado fino (piedra triturada tipo 6ta y arena)</i>	<i>105</i>
<i>Ilustración 38: Curva granulométrica compensada del agregado grueso (piedra triturada tipo 4ta y 5ta).....</i>	<i>108</i>
<i>Ilustración 39: Ensayo de asentamiento realizado en el laboratorio de la Fuina</i>	<i>110</i>
<i>Ilustración 40: Ensayo para determinar el peso unitario suelto.</i>	<i>111</i>
<i>Ilustración 41: Identificación de probetas de hormigón.....</i>	<i>112</i>
<i>Ilustración 42: Curva de resistencia característica.</i>	<i>114</i>
<i>Ilustración 43: Encuesta de la Construcción C-1.....</i>	<i>126</i>
<i>Ilustración 44: : Encuesta de la Construcción C-2.....</i>	<i>127</i>
<i>Ilustración 45:: Encuesta de la Construcción C-3.....</i>	<i>128</i>
<i>Ilustración 46: Encuesta de la Construcción C-4.....</i>	<i>129</i>
<i>Ilustración 47: Encuesta de la Construcción C-5.....</i>	<i>130</i>

<i>Ilustración 48: Encuesta de la Construcción C-6.....</i>	<i>131</i>
<i>Ilustración 49: Encuesta de la Construcción C-7.....</i>	<i>132</i>
<i>Ilustración 50: Encuesta de la Construcción C-8.....</i>	<i>133</i>
<i>Ilustración 51: Encuesta de la Construcción C-9.....</i>	<i>134</i>
<i>Ilustración 52: Encuesta de la Construcción C-10.....</i>	<i>135</i>
<i>Ilustración 53: Encuesta de la Construcción C-11.....</i>	<i>136</i>
<i>Ilustración 54: Encuesta de la Construcción C-12.....</i>	<i>137</i>
<i>Ilustración 55: Encuesta de la Construcción C-13.....</i>	<i>138</i>

CAPITULO I

1 GENERALIDADES

1.1 Introducción

Uno de los pilares de la economía paraguaya son las construcciones civiles, dentro de este sector podemos encontrar obras tales como viviendas, edificios etc., y entre los materiales más utilizados en cada una de estas construcciones se encuentra el hormigón.

El hormigón o concreto es un material compuesto formado esencialmente por un aglomerante (cemento Portland) al que se le añade partículas o fragmentos de un agregado (arena, grava o piedra triturada), agua (hidratación) y aditivos. Una mezcla de concreto puede prepararse utilizando diversos materiales y mecanismo de mezclado, sin embargo, los requisitos de calidad pueden ser alcanzados si se cumplen rigurosamente con cada etapa del proceso, desde la selección de los componentes individuales hasta su instalación en obra, incluyendo el curado y las pruebas de laboratorio.

Con el presente proyecto se tiene un conocimiento más amplio de la resistencia del hormigón comúnmente utilizado en obras civiles por constructores de la ciudad de Coronel Oviedo, para lo que se recolectaron muestras de diferentes proyectos (13 en total); se analizó y comparó las diferentes particularidades observadas. Se hizo énfasis a las herramientas, procedimientos y los factores que producen la variabilidad de la muestra que se han tomado de cada obra, basadas en la norma del Instituto Americana de Concreto (ACI) y la Sociedad Americana para Ensayos y Materiales (ASTM). Se enfoca la calidad desde el punto de vista de la resistencia. Posteriormente los parámetros estadísticos que se utilizan en el diseño y control de calidad del hormigón. Finalmente se plantearán los parámetros o límites permitidos, según las normas, para determinar el grado de calidad del hormigón.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivos Generales

Evaluar la calidad del hormigón utilizado en obras civiles de la ciudad de Coronel Oviedo.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar el asentamiento y la resistencia característica del hormigón de las construcciones civiles de la Ciudad de Coronel Oviedo.
- Describir la dosificación más utilizada en la elaboración del hormigón en obras civiles de la ciudad de Coronel Oviedo.
- Reconocer los factores económicos asociados a los materiales utilizados en la elaboración del hormigón.
- Desarrollar y proponer una dosificación de hormigón que reúna las condiciones de calidad y de costos.

1.3 Alcance

La presente investigación busca definir el nivel de calidad del hormigón utilizado en las construcciones civiles de la ciudad de Coronel Oviedo que se encuentran en ejecución durante el periodo correspondiente a los meses de junio, julio del año 2019, comparando la resistencia característica empleando la metodología propuesta por el criterio probabilístico de la norma ACI 318S-08.

1.4 Limitaciones

En algunos casos no fue posible la ejecución de la toma de muestra del hormigón debido a la oposición de los encargados/dueños de la obra.

1.5 Localización física y cobertura espacial

El proyecto se llevará a cabo en el V Departamento del Caaguazú, en la capital departamental, es decir, la ciudad de Coronel Oviedo. Está ubicada estratégicamente en el centro de la región oriental. Por la misma circulan las más importantes carreteras del país y por el cruce de la ciudad uno puede ir a la capital del país Asunción o a importantes ciudades como Ciudad del Este, Encarnación, Villarrica, Concepción, Pedro Juan Caballero, entre otras. Coronel Oviedo queda a 132km de la capital del país. Al norte limita con los Distritos de La Pastora, Carayaó y R.I. 3 Corrales, al este con el distrito de Caaguazú, al sur con los distritos de Troche, Dr. Bottrel, Yataity, Félix Pérez Cardozo y Cnel. Martínez, al oeste limita con los distritos de San José de los Arroyos y Nueva Londres.

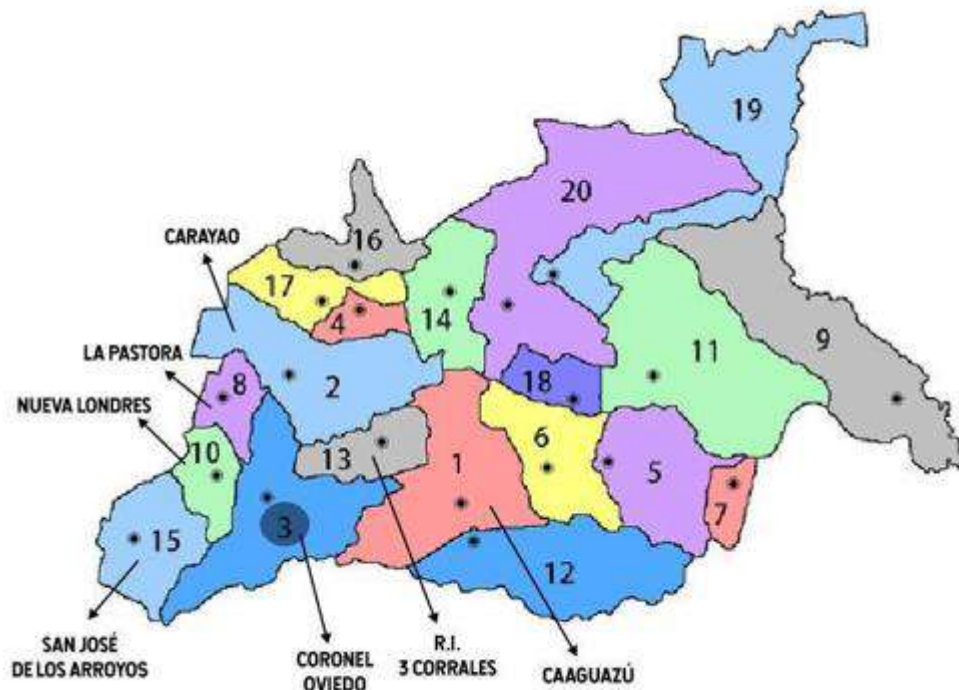


Ilustración 1: Ubicación de la Ciudad de Coronel Oviedo

Según los estudios de Proyecciones de Población en el 2017, la ciudad de Coronel Oviedo cuenta con 187.514 habitantes.

En cuanto a la economía la ciudad cuenta con elementos positivos como fábricas de derivados de la madera y un desarrollo comercial floreciente. Además de todos los servicios educativos, de salud, comerciales y de servicios como banda pública, privada e inmobiliarias, requeridos en la actualidad. Desde el año 2007, Coronel Oviedo se está transformando en uno de los principales puntos elegidos por los estudiantes universitarios del interior, debido sobre todo a la buena capacitación y preparación de sus habitantes, además de su excelente ubicación estratégica, que la convierte en el mejor sitio para la implantación de universidades [1]

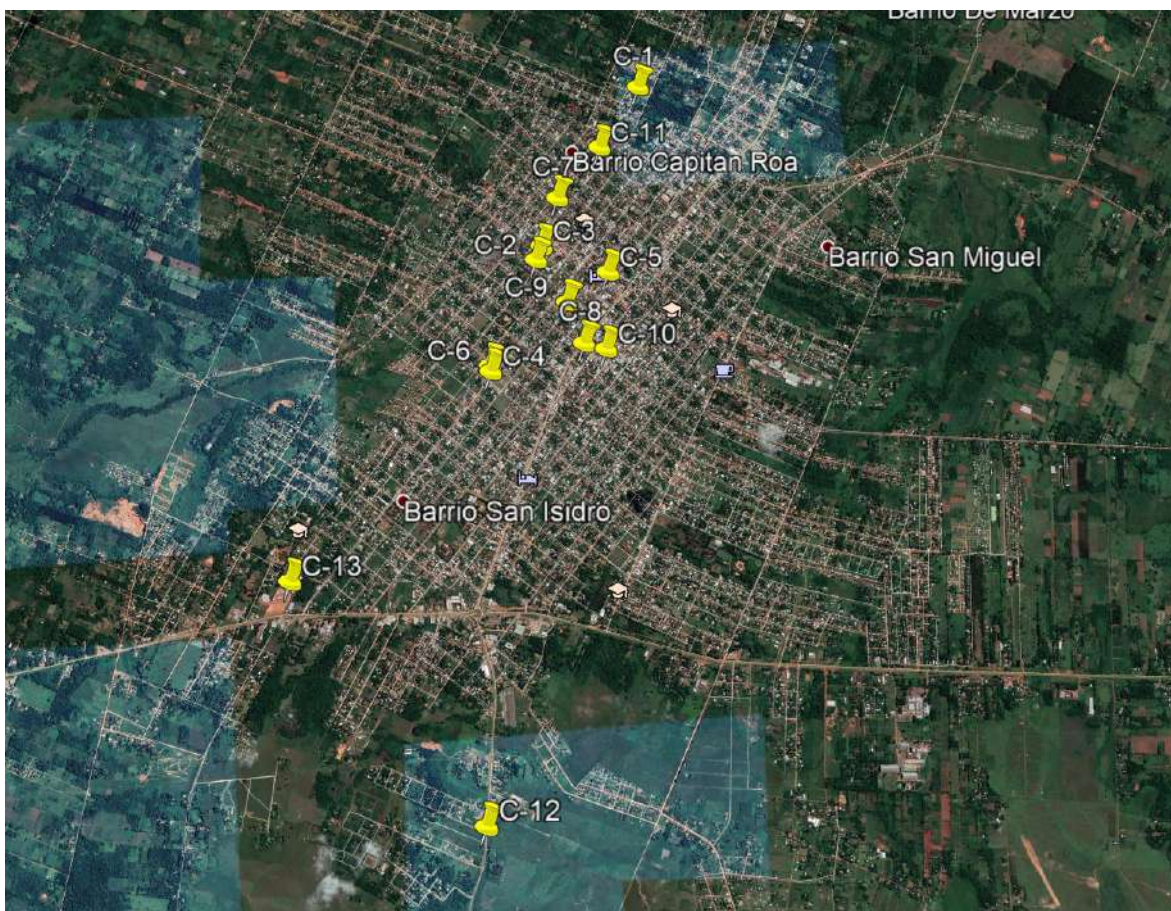


Ilustración 2: Imagen Satelital de la ciudad de Coronel Oviedo.

1.6 Planteamiento y Formulación del Problema

La principal problemática que se abordó es la escasez de control del hormigón empleado en las obras civiles de la ciudad de Coronel Oviedo, ya que son muy pocos los responsables especializados en sistemas de control acerca de la calidad del hormigón y de los diferentes tipos de hormigones estudiados, la cual resulta en soluciones para uso estructural. Los errores o la deficiencia en la dosificación pueden tener implicancias muy graves no solamente al patrimonio sino también para la vida de las personas.

Las dudas sobre la resistencia y la mala dosificación del hormigón conllevan en ocasiones a consecuencias no deseadas, ya que pueden generar demoras y reparaciones a largo plazo cuyos costos encarecen la construcción. Es por ello que la calidad del hormigón juega un papel imprescindible para asegurar la seguridad estructural de la construcción, he aquí en donde radica la importancia de esta investigación.

1.7 Solución propuesta por el Proyecto de investigación

Con este proyecto se desarrolla en primer lugar una evaluación de la calidad del hormigón y posteriormente en función a los materiales disponibles de la zona se diseña y se propone una dosificación que reúna las condiciones de calidad, dependiendo del tipo de cemento y los agregados que se están utilizando en las construcciones de la ciudad de Coronel Oviedo.

Los principales beneficiados serán los ciudadanos y los responsables del sector de la construcción, ya que proporcionará una herramienta teórica y práctica basada en experimentos en laboratorio de los diferentes agregados que se usan en la elaboración del hormigón para llegar a una resistencia específica conociendo la procedencia de los agregados, tipo de cemento, el tiempo de curado, etc.

1.8 Justificación

Primeramente, con esta investigación se estudia la calidad del hormigón que se están empleando en la ciudad de Coronel Oviedo, y las propiedades de los agregados de las diferentes canteras conocidas de las cuales se abastece el sector de la construcción. Observamos la necesidad de investigar sobre las propiedades físicas y mecánicas de estos, debido que estas propiedades son dependientes de los materiales autóctonos de cada zona y los procedimientos típicos de elaboración.

Seguidamente, conociendo las propiedades de los mismos se desarrolla una dosificación de hormigón para las construcciones de la zona.

Se tomó como base y objetivo la caracterización de los diversos agregados más utilizados con el fin de determinar las principales características físicas y mecánicas que se obtienen en nuestro medio, con el fin de que sirvan de referencia para cualquier uso profesional posterior que se le pueda dar. Esta investigación será de mucha utilidad para los constructores, entidades públicas y usuarios particulares ya que proporcionará recomendaciones de diseño de mezcla optimizado y sabrán de manera certera qué resistencia esperar del hormigón que preparen en obra.

CAPITULO II

2 MARCO TEORICO

2.1 Concepto de Hormigón

El hormigón 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, lo que lo hace un material ideal para la construcción.

2.2 Componentes del hormigón.

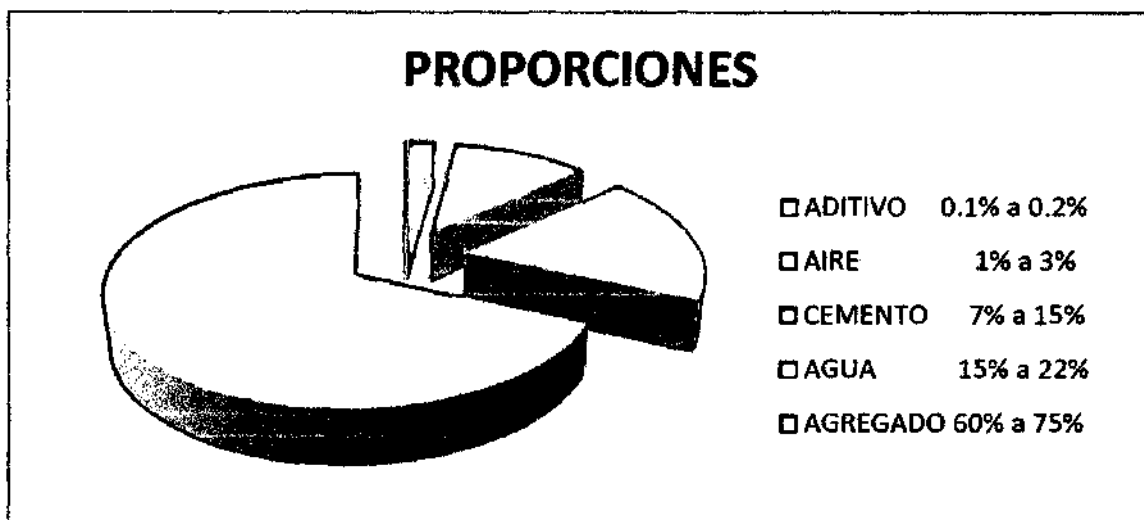


Ilustración 3: Composición típica del Hormigón en volumen.

La Tecnología del hormigón moderna define para este material que comprende cuatro componentes: Cemento, agua, agregados y aditivos como elementos activos y el aire como elemento pasivo.

2.2.1 Cemento Portland

Se define como un material pulverizado que posee la propiedad que, por adición de una cantidad conveniente de agua, forma una pasta conglomerante o aglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como al aire y formar compuestos estables. Este cemento es el resultado de pulverizar piedra caliza y arcilla, la cual se cuece en hornos a una temperatura de 1400 a 1600 grados centígrados, así se obtiene un material gris oscuro llamado clinker, el cual se muele mezclándole cierta cantidad de yeso, que sirve para retardar el fraguado de la mezcla.

2.2.1.1 Existen cinco tipos de cemento portland, para diversos usos, según la ASTM – C – 150 – 76 y según la Norma Paraguaya NP 17 044 80.

Tipo I Cemento Portland estándar: para hormigón de uso normal, cumplen las prescripciones relativas a las características químicas, físicas y mecánicas correspondientes al cemento sin características especiales.

Tipo II Cemento Portland modificado: para hormigones expuestos a ataques moderados de sulfatos, como en suelos y aguas subterráneas, que tienen un bajo contenido de sulfatos. Se usa en estructuras masivas y en ambiente medianamente agresivo, en donde la temperatura debe ser controlada durante el proceso de hidratación. Desprende el 85% de calor a los 7 días, cantidad limitada de C3A.

Tipo III Cemento Portland de alta resistencia a edades tempranas: es usado cuando se requiere resistencia a edades tempranas y en lugares fríos. Su resistencia a compresión no debe ser inferior a 250 kg/cm² a las 48 horas. (es el Tipo V, según la Norma Paraguaya NP 17 044 80).

Tipo IV Cemento Portland de bajo calor: cuando el calor durante el proceso de hidratación debe ser mínimo, por ejemplo, las presas de hormigón donde se va a colocar grandes volúmenes de hormigón.

Tipo V Cemento Portland de alta resistencia a sulfatos: se usa en hormigón que estará expuesto a altas concentraciones de sulfatos, por ejemplo: tuberías de aguas

residuales, plantas de tratamientos de aguas residuales etc. (es el Tipo III, según la Norma Paraguaya NP 17 044 80).

2.2.1.2 Especificaciones de los Cementos:

Se especifica el tipo de cemento de acuerdo a las Normas IRAM 50000 y 50001 del 2000.

CPN – Cemento Pórtland Normal: Es apto para todo tipo de construcción que no requiera propiedades especiales por cuestiones de resistencia y/o durabilidad. No se produce más en el país por el costo de producción y ambiental elevado. Posee 94 a 100% de clinker y yeso, el restante 5% puede ser puzolana, escoria o filler calizo.

CPF – Cemento Pórtland con Escoria: Contenido de escoria “moderado” pero más que el Pórtland normal y menor que el cemento de escoria alto horno. Puede utilizarse en cualquier tipo de construcción y recomienda para soportar el ataque moderado de sulfatos, utilización de agregados reactivos (previo ensayo) o para buena impermeabilización del hormigón. Se dejó de usar en el Paraguay por lo indicado anteriormente. Puede tener de 79 a 30% de clinker y yeso y 21 a 70% de escoria. Denominado CP II F-32, o sea de tipo II, con resistencia característica de 32 MPa (320 kg/cm²). (NP 17 044 80).

CPC – Cemento Pórtland Compuesto: Combina los efectos del “filler” calcárea de excelente trabajabilidad en estado fresco, con la mayor resistencia final durabilidad de los cementos con adiciones activas. Se obtiene así cementos de muy buenas características técnicas a costos razonables. También muy utilizado en el Paraguay por su menor costo. Denominación CP II C-32. Tiene además de Clinker y yeso adiciones menores de filler calizo y puzolana.

CPP – Cemento Pórtland Puzolánica: Son más “lentos” en el desarrollo de la resistencia que otros, debido a que la puzolana necesita del (OH)₂Ca (hidróxido de calcio) que se forma como subproducto de la hidratación del Clinker para formar compuestos similares a los del Clinker hidratado. A mayor contenido de adición

Mario Javier Servin.

activa de cemento, su hidratación y desarrollo de resistencia es más “lenta”. Estos hormigones obtienen altas resistencias finales y puede apreciarse a 56 o 90 días de edad. Es apto para casi cualquier tipo de obra, cuando el material resulta de comprada eficaz, es especialmente recomendado cuando se requieran propiedades especiales de durabilidad como ataque de sulfatos, bajo calor de hidratación, inhibición de la reacción álcali - agregado, impermeabilidad, etc. Este cemento es muy utilizado en el Paraguay por abundar la puzolana en el Departamento de Paraguarí, teniendo así interesantes propiedades para el hormigón fresco y endurecido a un costo razonable con respecto a los otros tipos de cemento. Contiene clinker y yeso de 85 a 50% y puzolana natural 15 a 50%. Denominado CP IV-32 (NP 17 044 80).

CAH – Cemento de Alto Horno: Este cemento, que en la norma pierde la denominación “Pórtland”, posee un alto contenido de adición activa como lo es la escoria granulada de alto horno. Es muy utilizado en obras de ingeniería donde interesa fundamentalmente el bajo calor de hidratación y una buena resistencia a sulfatos en caso de una exposición a aguas a suelos sulfatados y/o a la reacción álcali - agregado, en caso de utilizarse agregados potencialmente reactivos. Es de esperar un desarrollo de resistencia un tanto más “lento” que el cemento normal debido a que la escoria granulada se hidrata a partir del ambiente alcalino que le confiere la hidratación del clinker. No obstante, la resistencia final de los hormigones elaborados a partir de este tipo de cemento suele ser mayor a obtenida con CPN utilizado en dosis similares. Se dejó de utilizar en el Paraguay debido a que la escoria debe sufrir un tratamiento previo de temperatura, que no se cuenta en el país.

Según NP 17 044 80	Tipo de cemento	Nomenclatura	Composición (g/100g)			
			Clinker + sulfato de calcio	Puzolana (P)	Escoria (E)	Filler calcáreo
CPI	Cemento Portland normal	CPN	100-90		0-10	
CPII-F	Cemento Portland con Filler calcárea	CPF	99-80			1-20
CPIII	Cemento Portland con escoria	CPE	89-65		11-35	
CPII -C	Cemento Portland compuesto	CPC	98-65	Dos o más con P+E+F ≤ 35		
CP IV	Cemento puzolánico	CPP	85-50	15-50		
-	Cemento de alto horno	CAH	65-25		35-75	

Tabla 1: Tipo, nomenclatura y composición de los cementos para uso general

Las categorías del cemento son de 32 Mpa y 40 Mpa que indica su resistencia a la compresión a los 28 días, otra categoría de cemento es para usos diversos, no estructurales como de 25 Mpa o 4,5 Mpa, este último para albañilería.

2.2.1.2.1 Requisitos Especiales

Cuando las condiciones particulares debidas a la tipología estructural, el método constructivo, las características de los agregados y/o las condiciones de exposición de la estructura requieran el uso de **cementos con propiedades especiales**, se deben emplear cementos de:

ARI – de Alta Resistencia Inicial: Su uso se limita adonde se necesita habilitar rápidamente la estructura o tecnología de encofrado deslizante o una rápida reutilización de los encofrados. Obtienen resistencia a 7 días similares o mayores a las que se obtendrían utilizando la misma dosificación con cualquier cemento Pórtland de categoría CP40 a los 28 días. Debido a que desarrolla alto calor de hidratación, no se recomienda en elementos estructurales de dimensiones lineal mayor a los 40 cm. Este tipo de cemento se conoce con la denominación, Super, Extra o ARI. Este cemento e es importado, no se produce en el Paraguay.

MRS – Moderadamente Resistente a los Sulfatos: Se le limita el contenido de AC3 (aluminato tricálcico) ≤ 8% en masa, lo cual hace a este material apto para

utilizarlo cuando existe un ataque moderado de sulfatos o será utilizado en hormigones de estructuras en contacto directo con el agua de mar.

ARS – Altamente Resistente a los Sulfatos: ARS. La norma IRAM limita el contenido de AC3 (aluminato tricálcico) $\leq 4\%$ en masa y la suma de AC3 + FE4 (ferro aluminato tetracálcico) $\leq 22\%$ calculados de acuerdo a la composición química. Se utiliza para estructuras sometidas al ataque fuerte de sulfatos presentes en ciertas aguas y/o suelos de contacto. En el caso del CPN (Pórtland Normal) la norma limita el contenido de AC3 y FAC4 del cemento.

BCH – de Bajo Calor de Hidratación: se comercializa en combinación con cemento Pórtland con adiciones activas como son la escoria granulada de alto horno y la puzolana. Se utiliza para que el hormigón desarrolle poco calor a partir del cemento, presas de hormigón a bases de grandes dimensiones. La norma especifica valores máximos de desarrollo de calor de hidratación de 270 kJ/kg (65 Cal/g) para 7 días y 310 kJ/kg (75 Cal/g) para 28 días de acuerdo al ensayo especificado en IRAM 1617 o 270 kJ/kg (65 Cal/g) a 5 días utilizando el ensayo especificado en la norma IRAM 1852 de acuerdo al tipo de cemento y/o el ensayo disponible.

RRAA – Resistencia a la Reacción Álcali – Agregado: Existe en Paraguay algunas fuentes de agregados con potencialidad de reaccionar con los álcalis del cemento en estructuras sometidas a condiciones de humedad casi permanente. Es remendable utilizar agregados no potencialmente reactivos para elaborar el hormigón, a veces esto resulta económicamente inviable y se recurre a cementos con bajo contenido de álcalis o que con alguna adición activa que “amortigüe” o inhiba a la expansión de manera que la reacción no resulte deletérea.

B –Cemento Blanco: Es un cemento que cumple los requerimientos de los cementos CPN o CPC y que limita los contenidos de óxido férrico y magnesio que actúan sobre el color del material. También, se incorporó un requisito de blancura. Es un material que en nuestro país no está muy difundido debido a su alto costo y su utilización se restringe a hormigones ornamentales o “a la vista” y cierto tipo de mosaico o baldosas. No hay que confundir con otros cementos blancos utilizados

Mario Javier Servin.

en la fabricación de ciertas pastinas o algunas baldosas que utilizan cementos con altos contenidos de adiciones activas y no activas que no cumplen los requisitos de resistencia de IRAM para cemento Portland blanco.

CAB – Cemento de albañilería: Cemento que se produce en el Paraguay para cimientos, asentamientos de ladrillos, contrapisos, pisos, revoques y componentes de albañilería, no para hormigón. El que se produce tiene una resistencia característica de 4.5MPa. Sus componentes principales son clinker y yeso entre un 55 y 50% y filler calizo de 45 a 50%. [2]

Nomenclatura	Tipo de Cemento
MRS	Cemento moderadamente resistente a los sulfatos
ARS	Cemento altamente resistente a los sulfatos
BCH	Cemento de bajo calor de hidratación
RRAA	Cemento resistente a la reacción álcali-agregado
ARI	Cemento de alta resistencia inicial
B	Cemento blanco

Tabla 2: Tipos de cementos. Requisitos especiales

2.2.2 Agregados para Hormigón.

Se definen como tales los materiales pétreos inertes resultantes de la desintegración natural de rocas o que se obtienen de la trituración de las mismas. Éstos ocupan típicamente las cuartas partes del volumen en el hormigón, deben estar libres de suciedad, ser durables, y no deben tener sustancias que reaccionen químicamente con el cemento. Se clasifican en: agregado grueso (pedrín o grava) y agregado fino (arena).

2.2.2.1 Agregado Fino.

La clasificación del agregado fino se realiza basándose en su tamaño, de la siguiente manera: tiene un diámetro menor al tamiz N° 4 (4.76 mm), pero se recomienda que sea mayor que 74 μm (N.º 200), entonces podemos definir aquel que pasa el tamiz N.º 3/8" y queda retenido en la malla N.º 200.

Mario Javier Servin.

2.2.2.2 Agregado Grueso.

El agregado grueso que son las partículas de un tamaño mayor a 4.76 mm. Según la clasificación de estos por su forma, tenemos: el canto rodado, proveniente de cauces de ríos, forma redondeada, producen hormigones de buena calidad y de ventajas como trabajabilidad o docilidad. El agregado triturado, proveniente de la desintegración de rocas en cantera, tiene ventajas por su composición mineralógica más uniforme y cantos angulosos.

El tamaño máximo nominal del agregado grueso no debe ser superior a:

- (a) 1/5 de la menor separación entre los lados del encofrado, ni a
- (b) 1/3 de la altura de la losa, ni a
- (c) 3/4 del espaciamiento mínimo libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones individuales, paquetes de tendones o ductos.

Estas limitaciones se pueden omitir si a juicio del ingeniero, la trabajabilidad y los métodos de compactación son tales que el concreto se puede colocar sin la formación de hormigueros o vacíos. [3]

Según su tamaño, los agregados para hormigón en Paraguay comercialmente se clasifican en;

Siendo la clasificación técnica por tamaño máximo en mm

Tipo de Agregados	Clasificación	Componentes	Tamaño Máximo (mm)
Agregados Finos	6ta	Arena y piedra triturada	Φ_{max} : 4,8
Agregados Gruesos	5ta	Piedra Triturada	Φ_{max} : 19 o 12,7
	4ta	Piedra Triturada	Φ_{max} : 25,4
	3ra	Piedra Triturada	Φ_{max} : 38
	Piedra Bruta	Piedra Triturada	Φ_{max} : 150

Tabla 3: Clasificación de la granulometría en el Paraguay

2.2.3 Aditivo

Es el material que, aparte del cemento, los agregados y el agua empleados normalmente en la preparación del hormigón, puede incorporarse antes de o durante la ejecución de la mezcla, con el objeto de modificar alguna o varias de sus propiedades en la forma deseada, aportando un volumen desestimable. Los hay de dos tipos: aditivos minerales y aditivos químicos.

La norma ASTM C 494, distingue siete tipos de aditivos:

1. Tipo A: Reductor de Agua.
2. Tipo B: Reductor de Fraguado.
3. Tipo C: Acelerador de Fraguado.
4. Tipo D: Reductor de Agua y Retardador.
5. Tipo E: Reductor de Agua y Acelerador.
6. Tipo F: Reductor de Agua de Alto Efecto.
7. Tipo G: Reductor de Agua de Alto Efecto y Retardador.

2.2.4 Agua

El agua empleada en el mezclado del hormigón debe estar limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica u otras sustancias nocivas para el concreto o el refuerzo.

No debe utilizarse agua impotable en el concreto, a menos que se cumpla con las siguientes condiciones:

- La selección de la dosificación del hormigón debe basarse en mezclas de hormigón con agua de la misma fuente.
- Los cubos de mortero para ensayos, hechos con agua no potable, deben tener resistencias a los 7 y 28 días, de por lo menos 90% de la resistencia de muestras similares hechas con agua potable. La comparación de los ensayos de resistencia debe hacerse en morteros idénticos, excepto por el agua de mezclado, preparados y ensayados de acuerdo con "Test Method

for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or 50-mm Cube Specimens)” (ASTM C 109).

Casi cualquier agua natural que se pueda beber (potable) y que no tiene un sabor u olor marcado, puede utilizarse como agua de mezclado en la elaboración de concreto. Cuando las impurezas en el agua de mezclado son excesivas, pueden afectar no sólo el tiempo de fraguado, la resistencia del concreto y la estabilidad volumétrica (variación dimensional), sino que también pueden provocar eflorescencia o corrosión en el refuerzo. Siempre que sea posible, debe evitarse el agua con altas concentraciones de sólidos disueltos.

Las sales u otras sustancias nocivas que provengan del agregado o de los aditivos, deben sumarse a la cantidad que puede contener el agua de mezclado. Estas cantidades adicionales deben tomarse en consideración al hacer la evaluación respecto a la aceptabilidad del total de impurezas que pueda resultar nocivo, tanto para el concreto como para el acero. [3]

La Norma Paraguaya **NP N.º 69** establece las cantidades máximas de impurezas en el agua de mezclado.

Requisitos S/IRAM 1601 o NP Nº 69		Unidad	Mínimo	Máximo
Residuos Solidos		mg/dm ³	-	5000
Materia orgánica, expresado en oxígeno consumido		mg/dm ³	-	3
pH		mg/dm ³	5,5	8
Sulfato expresado como SO ₄		mg/dm ³	-	1000
Cloruro Cl expresado como	Para emplear en hormigón simple	mg/dm ³	-	2000
	Para hormigón armado convencional	mg/dm ³	-	700
	Para hormigón pretensado	mg/dm ³	-	500
Hierro expresado como Fe ₂ O ₃		mg/dm ³	-	1

Tabla 4: Especificaciones técnicas del agua para uso en hormigón, Norma Paraguaya NP N.º 69.

La mayoría de las aguas que son bebibles y no contiene pronunciado gusto, olor o color particular y no es gaseosa o espumosa cuando se agita, puede ser aceptadas como agua de mezclado. (IRAM 1601)

Excepción 1: Muchas aguas inaceptables para beber, son satisfactorias para la elaboración de hormigones, y permiten alcanzar la resistencia a compresión exigida en el proyecto.

Excepción 2: Ciertas aguas minerales que contienen carbonatos o bicarbonatos alcalinos son potables, pero no deben usarse en hormigones con riesgo de reacción álcali – agregado

Los criterios más difundidos para la aceptación de agua de mezclado son de dos tipos:

Requisitos de Comportamiento: Que comprueban que el agua no interfiere en la hidratación y endurecimiento del cemento.

Requisitos Físicos y Químicos: Que corresponden a la cantidad y composición de las sales disueltas y a los sólidos en suspensión.

Tiempo de Fraguado: El agua a usar no debe acelerar 10% el inicio del fragüe o extender +10% el fin fragüe.

Resistencia a Compresión: La reducción de la resistencia a compresión no debe superar el 10%. En el futuro próximo el agua potable sea un recurso costoso y escaso. Por esta razón la tendencia es: utilizar agua servidas para evitar contaminación y fijar contaminantes. Reutilizar el agua de curado y lavado. Utilizar procesos de purificación [2]

- e) El tiempo entre la obtención y el uso de la muestra debe ser el menor posible, cuidando en todo momento de protegerla del sol, el viento y otras fuentes de evaporación.
- f) El tamaño mínimo de muestras para ensayos de compresión debe ser 1 pie³.
- g) El muestreo de mezcladoras estacionarias o camiones mezcladores debe realizarse del tercio central de la carga, y en por lo menos dos porciones que se integrarán en una sola muestra.
- h) El muestreo de hormigón ya descargado se debe efectuar con por lo menos 5 porciones que se integran en 1 muestra.

Es importante tener en cuenta que todas estas limitaciones están establecidas para que la muestra que se obtenga sea óptima desde el punto de vista estadístico, y que, si bien el incumplimiento de alguna de ellas no ocasiona un perjuicio aparente al concreto, sí puede estar afectando al resultado del control, y consecuentemente obtener un mal resultado de un buen hormigón.

2.3.2 Moldeo de Probetas; Guía de Laboratorio N° 4/H

Moldear las probetas rápidamente sobre una superficie nivelada y rígida, libre de vibraciones y otras alteraciones, en un lugar tan cerca como sea posible a la localización de los ambientes donde serán almacenados.

Mientras se coloca el concreto en el molde, se mueve la cuchara alrededor del perímetro del molde para asegurar una distribución del concreto con la mínima segregación.

Colocar el hormigón en el molde en el número requerido de capas de aproximadamente igual volumen. Apisonar cada capa con el extremo semiesférico de la barra compactadora, aplicando el número requerido de golpes. En la primera capa la barra debe penetrar hasta el fondo de la capa a través de su altura. Distribuir uniformemente los golpes de la barra sobre la sección transversal del molde. Para cada capa superior, la barra debe penetrar toda la capa a través de su altura, de manera que la barra penetre hasta la capa precedente aproximadamente 25mm. Después de consolidar cada capa, se procederá con el martillo a golpear

Mario Javier Servin.

ligeramente las paredes del molde unas 10 a 15 veces, con el fin de eliminar los vacíos y burbujas de aire que puedan haber quedado atrapadas.

Realizar el acabado final de la superficie expuesta del espécimen con la mínima manipulación necesaria a fin de lograr una superficie plana y a nivel con el borde del molde. La superficie no debe tener depresiones o proyecciones mayores de 3,3mm.

Marcar apropiadamente el exterior de la probeta con la información del concreto que ellos representan.

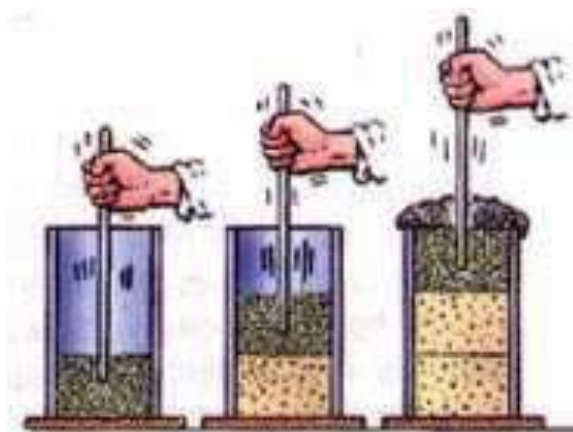


Ilustración 4: Metodología de compactación y terminación de probetas de hormigón.

Esta es una etapa fundamental del control del hormigón fresco, que muchas veces se le resta importancia al convertirse en una rutina en la obra. Toda la filosofía del diseño estructural en el hormigón o concreto y los valores de los coeficientes de seguridad que emplean los diseñadores reposan en el valor f_{ck} que no es otra cosa que el resultado del ensayo a compresión simple de probetas de hormigón obtenidas y curadas de acuerdo a la Guía N° 6/H y ensayadas según la Guía N° 8/H, es decir, bajo condiciones completamente controladas que permiten darle significado estadístico al valor de f_{ck} . [4]

2.3.3 Curado de Probetas de hormigón; Guía de Laboratorio N° 6/H

2.3.3.1 Almacenamiento:

Si las probetas no pueden ser elaborados en el lugar donde recibirán el curado inicial, inmediatamente después del terminado, se deben mover al lugar donde recibirán el curado inicial, para su almacenamiento. Los especímenes se colocarán en una superficie nivelada dentro de 20 mm/m.

Curado inicial: Inmediatamente después de moldeados y acabados, los especímenes deben ser almacenados por un período de hasta 48 h en un rango de temperatura entre 16 °C a 27 °C y en un ambiente que prevenga la pérdida de humedad de los especímenes. Para mezclas de concreto con una resistencia especificada de 40 MPa o mayor, la temperatura inicial de curado debe estar entre 20 °C y 26 °C. Proteger todos los especímenes de la luz directa del sol.

Curado final: Luego de completar el curado inicial y dentro de los 30 min después de remover los moldes, los especímenes se deben curar manteniendo agua libre sobre sus superficies permanentemente, a una temperatura de $23,0\text{ °C} \pm 2,0\text{ °C}$, usando agua de los tanques de almacenamientos o cuartos húmedos. Cuando los especímenes se refrenten con compuestos de morteros de azufre, inmediatamente antes del ensayo, los extremos de los cilindros deben estar completamente secos para evitar la formación de vapor o bolsas de espumas, sobre o dentro de la capa de refrentado, mayores de 6mm. Para un período que no exceda 3 h inmediatamente antes del ensayo de resistencia, no se requiere una temperatura estándar de curado siempre que se mantenga la humedad en los cilindros y la temperatura ambiente se encuentre entre 20 y 30 °C..

Antes del transporte de especímenes al laboratorio, se deben curar y proteger. Los especímenes no deben ser transportados hasta por lo menos 8 horas después del fraguado final. Durante el transporte, se deben proteger los especímenes con materiales amortiguadores adecuados para prevenir cualquier daño por golpes o sacudidas. Durante condiciones ambientales frías, se debe proteger los especímenes de la congelación, con adecuado material aislante. Prevenir la pérdida de humedad durante el transporte, enrollando los especímenes en plástico, arpilleras húmedas, rodeándolos con arena húmeda o utilizando tapas ajustadas

Mario Javier Servin.

de plástico sobre los moldes de plástico. El tiempo de transporte no debe de exceder 4 horas. [4]

2.3.4 Asentamiento del hormigón fresco. Método del Cono de Abrams (ASTM C-143); Guía de Laboratorio N° 6/H

En la preparación de la mezcla de hormigón es muy importante que la combinación cemento/agregados y su relación con el agua, sean las adecuadas para lograr las propiedades fundamentales de la mezcla fresca primero (consistencia) y endurecida luego (resistencia). El proceso de Asentamiento, se detalla en la norma ASTM C-143

El molde en forma de cono truncado se llena con la mezcla en 3 capas de la misma altura, compactando con 25 golpes de varilla por vez, acto seguido se levanta el molde y se mide cuanto ha descendido la mezcla en el punto central. El valor obtenido, es la medida de la consistencia de la mezcla. Se la denomina también asentamiento, puede variar entre 2 y 20 cm, según sea el tipo de estructura y los procedimientos de encofrado, colocación y compactación.

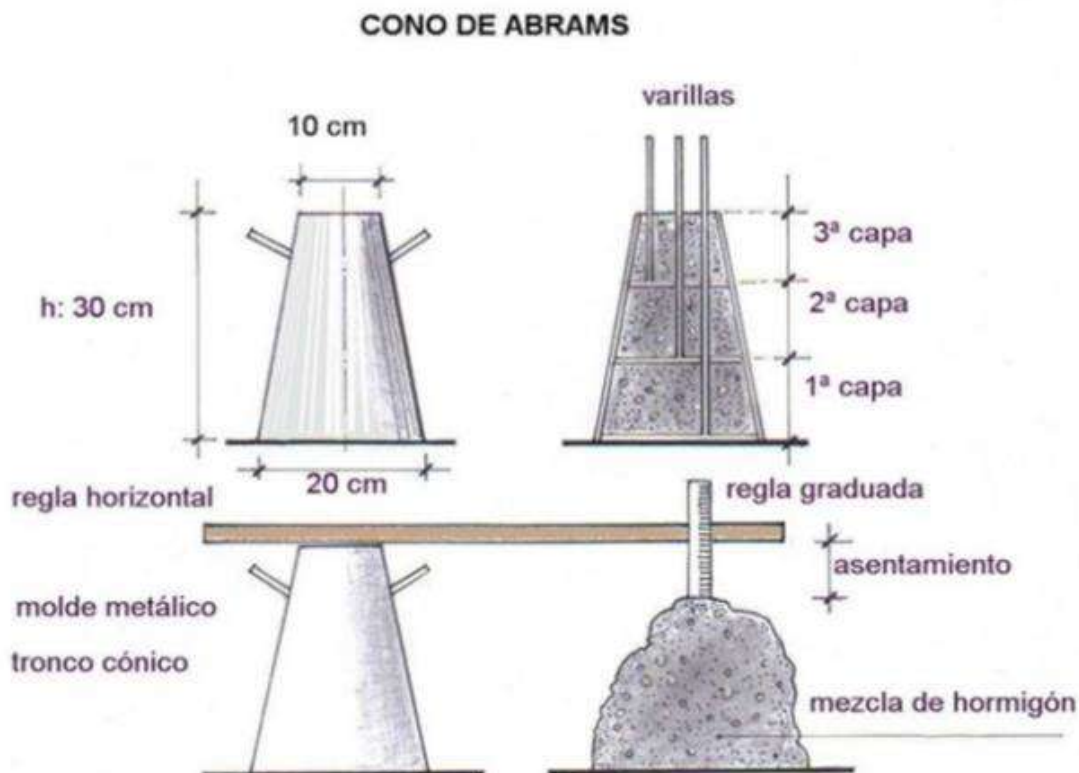


Ilustración 5: Metodología para determinar la consistencia del hormigón

En función del tipo de elemento y sus características (tamaño de la sección, distancia entre barras, etc.) y teniendo en cuenta la forma de compactación prevista, se fija la consistencia que ha de tener el hormigón. [4]

Asentamiento (cm)	Consistencia (Tipo de concreto)	Grado de trabajabilidad	Tipo de hormigón y condición de colocación.
0-2,0	MUY SECA	MUY PEQUEÑO	Vigas o pilotes de alta resistencia con vibraciones de formaletas
2,0-3,5	SECA	PEQUEÑO	Pavimentos vibrados con máquina mecánica
3,5-5,0	PLASTICA	PEQUEÑO	Construcciones en masas voluminosas. Losas medianamente reforzadas con vibración. Fundaciones en concreto simple. Pavimentos con vibradores normales.
5,0-10,0	BLANDA	MEDIO	Losas medianamente reforzadas y pavimentos, compactados a mano. Columnas, vigas, fundaciones y muros, con vibración.
10,0-15,0	FLUIDA	ALTO	Secciones con mucho refuerzo. Trabajos donde la colocación sea difícil. Revestimiento de túneles. No recomendable para compactarlo con demasiada vibración.
15 - 20	LIQUIDA	MUY ALTO	No apto para elementos resistentes, salvo que esta consistencia se consiga mediante el empleo de aditivos.

Tabla 6: Asentamiento del hormigón en función de tipo de elemento y métodos de compactación.

2.4 Control de Calidad del Hormigón en Estado Endurecido.

2.4.1 Ensayo de resistencia a la Compresión de probetas cilíndricas (ASTM C-39); Guía de Laboratorio N° 8/H

Este ensayo consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados o extracciones de diamantinas a una velocidad normalizada en un rango prescrito mientras ocurre la falla. La resistencia a la compresión de la probeta es calculada por división de la carga máxima alcanzada durante el ensayo, entre el área de la sección recta de la probeta.

Se deben realizar ensayos de resistencia de rotura a la compresión utilizando probetas cilíndricas normales de **15,0 cm** de diámetro y **30,0 cm** de altura, las que deben ser moldeadas y curadas de acuerdo con lo establecido en la norma.

Los resultados de pruebas de resistencia a la compresión se usan fundamentalmente para evaluar el cumplimiento del concreto suministrado con la resistencia característica especificada f_{ck} .

Resistencia característica del hormigón, f_{ck} , es el valor que adopta el proyectista como base de sus cálculos y así lo especifica en los (planos de los cálculos y pliegos y especificaciones técnicas) que está asociada a un nivel de confianza del 95 %. Es decir, que existe una probabilidad de 0,95 de que se presenten valores individuales de resistencia (medida por rotura de probetas) más altos que f_{ck} . Se le denomina también *resistencia característica de proyecto*. A este valor se le aplican los coeficientes de seguridad prescritos por las normas. [4] A menos que se especifique lo contrario f_{ck} debe basarse en ensayos a los 28 días. Si el ensayo no es a los 28 días, la edad de ensayo para obtener f_{ck} debe indicarse en los planos o especificaciones de diseño.

2.4.1.1 Procedimiento

Todos los cilindros de ensayo para una determinada edad de ensayo serán fracturados dentro del tiempo permisible de tolerancias prescritas como sigue:

<i>Tolerancias de tiempo para realizar el ensayo de Resistencia a Compresión.</i>	
EDAD DE ENSAYO	TOLERANCIA PERMISIBLE
24h	±0,5 h ó 2,1 %
3d	± 2 h ó 2,8 %
7d	± 6 h ó 3,6 %
28d	± 20 h ó 3,0 %
90d	± 48 h ó 2,2 %

Tabla 7: Tiempo permisible de tolerancias para ensayo de resistencia de probetas de hormigón.

2.4.1.2 Preparación y acondicionamiento de las probetas:

Para conseguir una distribución uniforme de la carga se realizará lo siguiente:

- Se refrentará con mortero de azufre (capping), si es necesario.
- Se colocará tapas de almohadillas de neopreno.

Los ensayos a compresión de probetas con curado húmedo serán hechos tan pronto como sea practico luego de retirarlos del almacenaje de humedad.

Las probetas no serán ensayadas si cualquier diámetro individual de un cilindro difiere de cualquier otro del mismo cilindro por más del 2%.



Ilustración 6: Extracción de probetas de la cámara de humedad.

Mario Javier Servin.

2.4.1.3 Colocación de la probeta:

Colocar el bloque de rotura inferior, sobre el cabezal de la máquina de ensayo. El bloque de rotura directamente bajo la rótula del cabezal. Limpiar las caras de contacto de los bloques superior e inferior y colocar el cilindro sobre el bloque inferior de rotura. Cuidadosamente alinear los ejes de la probeta con el centro de empuje de la rótula del bloque asentado. Antes de ensayar la probeta, verificar que el indicador de carga este en cero.



Ilustración 7: Prensa utilizado para ensayo de Resistencia a la Compresión

Velocidad de carga:

La velocidad que se aplicará será continua y sin detenimiento. La velocidad de carga que se aplicara sobre la probeta de $0,25 \pm 0,05$ MPa/s. La velocidad de movimiento será mantenida durante la mitad final de la fase de carga anticipada.

2.4.1.4 Expresión de Resultados

La resistencia a la compresión estará dada a la carga Máxima a la que llego la probeta entre el área donde se aplicó dicha carga. Y esta dada por la siguiente formula:

$$f_{ck} = P/A$$

Ecuación 2-1

f_{ck}: Resistencia características especificada.

P: Carga Axial

A: Área del cilindro

Al realizar los cálculos para la resistencia a compresión, se deberá aplicar ciertos factores de corrección que dependen de su diámetro y su altura. Si la relación H/D<1.8, aplicar el factor de corrección de la siguiente tabla.

RELACIÓN ALTURA DIÁMETRO "H/D"	FACTOR DE CORRECCIÓN
2.00	1.00
1.75	0.98
1.50	0.96
1.25	0.93
1.00	0.87

Tabla 8: Factor de Corrección para probetas Cilíndricas.

2.4.1.5 Aceptabilidad de los resultados de ensayo de resistencia a compresión de probetas de hormigón.

La Norma **CIRSOC 201-2005** (Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón) en la sección 4.4.6.2 establece los criterios de aceptación de los resultados de ensayos de resistencia de probetas de hormigón

Se debe adoptar como **resultado de un ensayo (*f_{cm}*)** al valor que se obtiene como promedio de las resistencias de, como mínimo, **dos (2) probetas cilíndricas normales, moldeadas con la misma muestra de hormigón y ensayadas a la**

Mario Javier Servin.

misma edad. Se debe cumplir que la diferencia entre las resistencias extremas del grupo que constituye cada ensayo, sea menor del **15 %** de la resistencia media de las probetas que constituyen el grupo. Si dicho valor resultara mayor, se debe rechazar el ensayo correspondiente y se deben investigar los procedimientos de moldeo, curado y ensayo de las probetas, con el objeto de analizar si los mismos se están realizando en un todo de acuerdo con las normas. En el caso de que el grupo esté constituido por tres (**3**) probetas, si la diferencia entre las resistencias extremas es mayor del **15 %**, pero las resistencias de dos (**2**) de ellas difieren en menos del **10 %** con respecto a su resistencia promedio, se puede descartar el tercer resultado y aceptar el ensayo, tomando como resistencia del mismo el promedio de las dos aceptadas. [5]

2.4.2 Control Estadístico del Hormigón.

Para el control estadístico de los resultados de esta investigación, se uso la norma del ACI 214R-11, “Guía para la evaluación de resultados de pruebas de resistencia a la compresión” y ACI 318S-08, “Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural”.

2.4.2.1 Análisis estadístico de los resultados de resistencia a compresión.

Un número de ensayos suficientes es necesario para indicar la variación de la resistencia del concreto y permitir la apropiada aplicación de los métodos estadísticos y poder interpretar los resultados de los ensayos. Los métodos estadísticos proporcionan la base para deducir la calidad y resistencia potenciales del hormigón, y expresar los resultados de una forma más útil.

2.4.2.2 Funciones Estadísticas

El resultado de un ensayo de resistencia a compresión es la resistencia promedio de todas las probetas, a una misma edad fabricados de una muestra tomada de un solo lote de hormigón. La prueba de resistencia no puede ser basada en un solo cilindro. El ACI 318S-08 indica que “El ensayo de resistencia será el promedio de

Mario Javier Servin.

al menos 2 probetas de (150x300mm), o tres probetas de (100x200mm) del mismo lote de concreto ensayado a la misma edad...”

Los resultados de los ensayos de resistencia deben seguir una distribución normal. La Ilustración 8 muestra la “curva en forma de campana” característica de la distribución normal. La distribución normal es matemáticamente definida por dos parámetros estadísticos: la media μ y la desviación estándar σ .

En el grafico se indica el número de muestras n , la desviación estándar de la muestra s , el coeficiente de variación V , y el promedio \bar{X} . Cada punto representa un resultado, el cual indica que este conjunto de datos es normalmente distribuido. El trazado de histogramas es una de las formas más fáciles para verificar la normalidad de los datos.

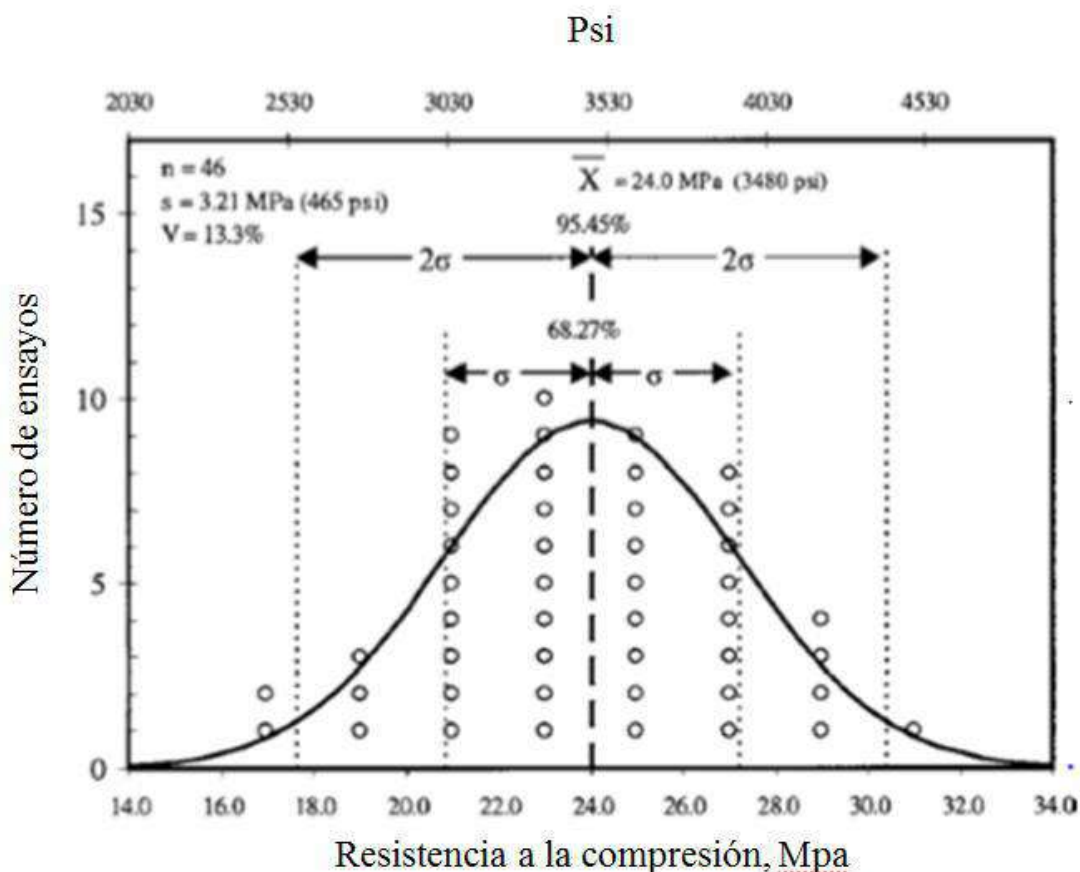


Ilustración 8: Distribución normal de frecuencias sobre resultados de ensayos.

FUENTE: ACI 214R-11, “Guide to Evaluation of Strength Test Results of Concrete”. (2011).

Mario Javier Servin.

Cuando hay un control satisfactorio de la mezcla de concreto, los valores de la resistencia del concreto tienden a acercarse al valor promedio, lo que hace que el histograma de resultados sea alto y estrecho. A medida que aumenta la variación de los resultados de resistencia también aumenta la dispersión de los datos, cambiando la curva de la distribución normal a plana y más ancha.

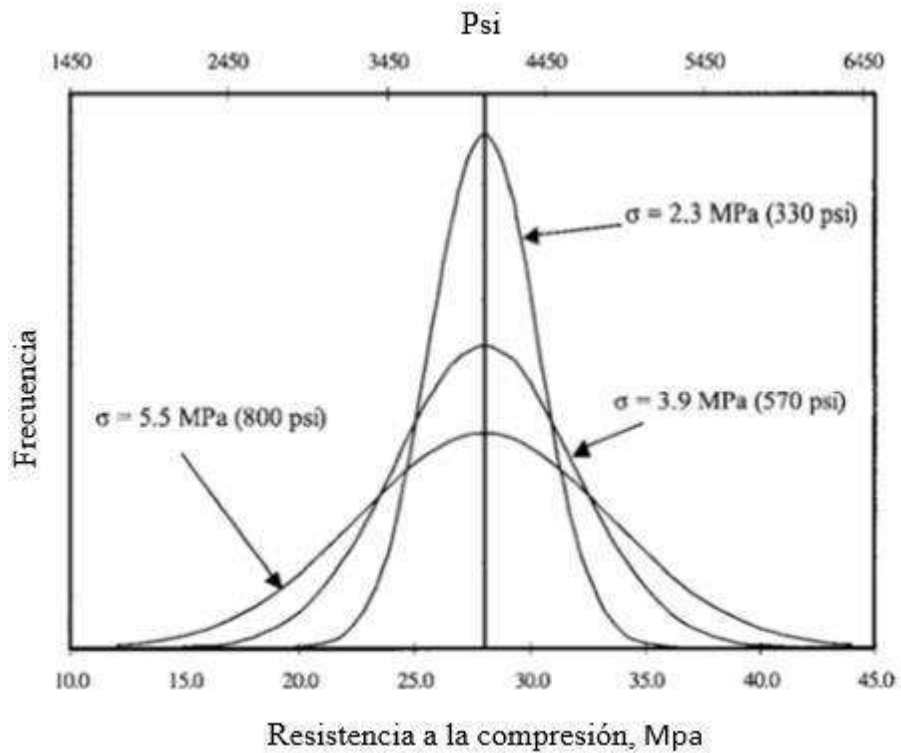


Ilustración 9: Curva de frecuencia normal.

FUENTE: ACI 214R-11, "Guide to Evaluation of Strength Test Results of Concrete". (2011).)

NOTAS: Curvas de frecuencia normal, para tres diferentes distribuciones, con la misma media, pero con diferente variabilidad

2.4.2.2.1 Definiciones esenciales del control estadístico

Media \bar{X} : El promedio de los resultados de ensayos de resistencia X , es calculado usando la Ec. (2.2)

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{1}{n}(X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n) \quad \text{Ecuación 2-2}$$

$X_i = X_1 + X_2 \dots X_n$: Es el resultado de ensayo individual de resistencia (de cada obra), que es el promedio mínimo de dos (150x300mm) o tres (100x200mm) probetas de hormigón.

\bar{X} : Es el promedio de n resultados de ensayos de resistencia.

n : Es el número de ensayos consecutivos de resistencia.

Desviación estándar s : Es la medida más reconocida de la dispersión de datos de ensayo. La desviación estándar de la muestra es obtenida por la ecuación

$$Ss = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{(n - 1)}} \quad \text{Ecuación 2-3}$$

Coefficiente de variación V : La desviación estándar de la muestra, expresada en porcentaje del promedio de la resistencia \bar{X} es llamado coeficiente de variación.

$$V = \frac{Ss}{\bar{X}} \cdot 100 \quad \text{Ecuación 2-4}$$

El coeficiente de variación es menos afectado por la magnitud del nivel de resistencia, este es el motivo por el que es más usado que la desviación estándar para comparar el grado de control sobre un amplio rango de resistencias a la compresión.

Rango R: Es el valor que se encuentra al restar el valor más bajo del valor más alto en un conjunto de datos. Cuando evaluamos los resultados de ensayos del hormigón el rango **R** de un resultado de un ensayo de resistencia, es encontrado de la resta de la más baja resistencia de un cilindro con la más alta resistencia de un cilindro, de dos o más cilindros comprimidos.

2.5 Estándares de Control Según la Norma ACI 318S-08

El objetivo principal de la evaluación estadística de datos del hormigón es identificar las fuentes de variación. Este conocimiento puede ser usado para determinar los pasos apropiados para mantener el control de calidad. Un enfoque simple es comparara la variabilidad general y la variabilidad dentro del lote usando la desviación estándar. Si la desviación estándar o coeficiente de variación es la medida apropiada de dispersión para usar en una situación dada depende de qué medida es la más constante en el rango de resistencia. La experiencia de campo indica que la desviación estándar permanece constante en un rango limitado de resistencia; sin embargo, varios estudios muestran que el coeficiente de variación es más constante en un rango más amplio de resistencia, especialmente para altas resistencias. Una comparación del nivel de control entre resistencias de compresión y flexión es más fácil de evaluar usando el coeficiente de variación. El coeficiente de variación es mejor estadísticamente para evaluaciones dentro del lote.

Dispersión Total					
Clase de Operación	Desviación estándar para diferentes grados de control en (kg/cm ²)				
	Excelente	Muy Bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Hormigón en Obra	menor a 28,10	28,10 a 35,20	35,20 a 42,20	42,20 a 49,20	mayor a 49,20
Hormigón en Laboratorio	menor a 14,10	14,10 a 17,60	17,60 a 21,10	21,20 a 24,60	mayor a 24,6
Dispersión entre Probetas					
Clase de Operación	Coeficiente de variación para diferentes grados de control en (%)				
	Excelente	Muy Bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Hormigón en Obra	menor a 3	3 a 4	4 a 5	5 a 6	mayor a 6
Hormigón en Laboratorio	menor 2	2 a 3	3 a 4	3 a 4	mayor a 5

Tabla 9: Estándares de control del hormigón.

La Tabla 9 da los estándares de control apropiados para concretos con f_{ck} menor a (35Mpa). Estos estándares de control fueron adoptados en base a la examinación y análisis de datos de resistencia a la compresión de comité ACI 214. Los ensayos fueron conducidos usando probetas cilindros de (150x300mm). Los estándares de control son, por lo tanto, aplicable para probetas de este tamaño que han sido ensayados a los 28 días.

2.5.1 Evaluación y aceptación de resistencia.

En la norma ACI 318S-08 (Reglamento para Concreto Estructural) en el Art. 1.1.1 establece lo siguiente:

Para el hormigón estructural, f_{ck} no debe ser inferior a 17 MPa. No se establece un valor máximo para f_{ck} salvo que se encuentre restringido por alguna disposición específica del reglamento.

Planteamos tres procedimientos para determinar la aceptabilidad de una determinada población de muestra de hormigón.

2.5.1.1 Criterio N.º 1

Las probetas de hormigón usados para la aceptación contractual se tomarán muestras que deben ser fabricadas, curadas y ensayadas en condiciones altamente controladas. Los esfuerzos a las probetas ensayados son evidencia primaria de la calidad de concretos usados en estructuras. Para satisfacer estadísticamente el rendimiento de los esfuerzos, el promedio mínimo requerido del esfuerzo de la proporción de mezcla de hormigón o la resistencia media a la compresión (f_{cm}) debería exceder a la resistencia característica especificada f_{ck} .

El f_{cm} es una función de la variabilidad de los resultados de pruebas medidas por el coeficiente de variación o desviación estándar y en la proporción de pruebas permitidas por debajo del esfuerzo especificado.

El **resultado de cada uno de los ensayos** será igual o mayor que la resistencia especificada:

$$f_{cm_i} \geq f_{ck}$$

Ecuación 2-5

2.5.1.2 Criterio N°. 2

En la sección 5.6.3.3 de la norma ACI 318-08 establece lo siguiente para la evaluación y aceptación del hormigón cuando se disponen menos de 15 ensayos de resistencia.

El nivel de resistencia de una clase determinada de concreto se considera satisfactorio si cumple con los dos requisitos siguientes:

- a) Cada promedio aritmético de tres ensayos de resistencia consecutivos es igual o superior a f_{ck} .

$$\left[f_{cm_3} = \frac{(X_1 + X_2 + X_3)}{3} \right] \geq f_{ck}$$

Ecuación 2-6

- b) Ningún resultado individual del ensayo de resistencia (promedio de dos probetas) es menor que f_{ck} por más de 35 kg/cm² cuando f_{ck} es 350kg/cm² o menor.

$$f_{cm_i} \geq \left(f_{ck} - 35 \frac{kg}{cm^2} \right)$$

Ecuación 2-7

donde

f_{ck} : Resistencia características especificada.

f_{cm} : Resistencia característica media o diseño de la mezcla.

f_{cm_3} : La resistencia media móvil de todas las series posibles de tres (3) ensayos consecutivos cualesquiera.

2.5.1.3 Criterio N° 3

Este criterio se basará si se dispone de suficientes ensayos de resistencia a compresión axial para establecer la resistencia promedio requerido f_{cm} .

Para satisfacer estadísticamente el rendimiento de los resultados de pruebas de resistencia usada para estimar la desviación estándar o coeficiente de variación debería ser representado por 30 ensayos, pero con un mínimo de 15, la desviación estándar calculada se incrementa multiplicando por un el factor de la Tabla 10 .

Número de ensayos	Factor de modificación para la desviación estándar de la muestra
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 o más	1.00

Tabla 10.: Factor de modificación para la desviación estándar de la muestra cuando se dispone de menos de 30 en ensayos

Resistencia especificada a la	Resistencia promedio requerida a la compresión, Mpa
$f_{ck} \leq 35$	Usar el mayor valor obtenido de las ecuaciones
	$f_{cm} = f_{ck} + 1,34S_s$
	$f_{cm} = f_{ck} + 2,33S_s - 3,5$
$f_{ck} > 35$	Usar el mayor valor obtenido de las ecuaciones
	$f_{cm} = f_{ck} + 1,34S_s$
	$f_{cm} = 0,90 * f_{ck} + 2,33S_s$

Tabla 11: Resistencia media a la compresión requerida cuando hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra

Cuando no se disponen de suficientes ensayos de resistencia en una obra para el cálculo de S_s resistencia característica media f_{cm} deberá ser determinada por la siguiente tabla.: [3]

Resistencia especificada a la compresión, Mpa	Resistencia promedio requerida a la compresión, Mpa
$f_{ck} < 20$	$f_{cm} = f_{ck} + 7.0$
$20 \leq f_{ck} \leq 35$	$f_{cm} = f_{ck} + 8.5$
$f_{ck} > 35$	$f_{cm} = 1.10 * f_{ck} + 5.0$

Tabla 12: Resistencia característica especificada para diseño cuando no hay suficientes datos para establecer la desviación estándar.

2.6 Evaluación de la Calidad del Hormigón según la NORMA PARAGUAYA NP 17 058 08 – HORMIGÓN ELABORADO. - Especificaciones, transporte, colocación, compactación y curado.

Establece los siguientes controles para hormigones mezclado empíricamente en mezcladora portátiles.

Se establece dos tipos de controles, diferenciados por el número de pastones elaborados. El límite entre un caso y otro es seis pastones. En el caso de contar con una obra con una producción de hormigón mayor de seis pastones, el material elaborado pertenece a una determinada calidad cuando.

La resistencia media de una rotura a compresión determinada con los resultados correspondientes a cada serie de tres resultados de ensayos consecutivos, es por lo menos igual al valor R_m indicado en la

A) Tabla 13.

Resistencia media mínima de cada serie de tres ensayos consecutivos (R_m) en función de la resistencia caracterisistica f_{ck}			
f_{ck} (kg/cm ²)	130	170	210
f_{cm} (kg/cm ²)	175	215	260

Tabla 13: Resistencia mínima requerida para tres ensayos consecutivos. NP 17 058 08

Siendo el resultado de ensayos consecutivos, el promedio de las resistencias de dos o más probetas moldeadas con la misma muestra de hormigón y ensayadas a la misma edad (mínimo dos probetas por edad)

- B) Ningún resultado de ensayo tendrá una resistencia menor del 85% de la resistencia característica especificada. Entendiéndose por el resultado de ensayo a la resistencia promedio de por lo menos dos probetas moldeadas con el mismo material y ensayada a la misma edad.

$$f_{cm_i} \geq 0.85f_{ck}$$

Ecuación 8

- C) En el caso de contar con más de 30 resultados consecutivos de ensayos, los valores de la tabla podrán reemplazarse por la expresión siguiente, donde S_s es la desviación normal correspondiente al total de los ensayos disponibles. [7]

$$f_{cm} = f_{ck} + 0.825S_s$$

Ecuación 9

2.7 Definición de Términos

2.7.1 Curado del Hormigón:

Se define el curado como el proceso de prevención de la pérdida de humedad del hormigón mientras mantiene un régimen satisfactorio de temperatura. La humedad, el calor y el tiempo, son los elementos importantes a considerar en el proceso de curado del concreto.

2.7.2 Trabajabilidad del Hormigón:

Es la propiedad del hormigón en estado fresco la cual determina su capacidad para ser mezclado, manipulado, transportado, colocado y consolidado adecuadamente, con un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad; así como para ser acabado sin que se presente segregación. El método más conocido para medir la trabajabilidad de una forma indirecta es a través de la prueba de asentamiento con el cono de Abrams.

2.7.3 Resistencia Característica a la Compresión del Hormigón:

La resistencia a la compresión se puede definir como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto o de mortero a carga axial.

Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm²) a una edad de 28 días y se designa con el símbolo *fck*.

2.7.4 Análisis Granulométrico:

Se denomina análisis granulométrico o granulometría a la representación numérica de la distribución volumétrica acumulada. El significado práctico del análisis granulométrico de los agregados radica en que la granulometría influye directamente en muchas propiedades del concreto fresco, así como en algunas del concreto endurecido.

2.7.5 Fraguado:

Proceso de endurecimiento del mortero, producido por la reacción del cemento con el agua.

2.7.6 Segregación

Las diferencias de densidades entre los componentes del hormigón provocan una tendencia natural a que las partículas más pesadas descendan, pero en general, la densidad de la pasta con los agregados finos es sólo un 20% menor que la de los gruesos (para agregados normales) lo cual sumado a su viscosidad produce que el agregado grueso quede suspendido e inmerso en la matriz.

Cuando la viscosidad del mortero se reduce por insuficiente concentración de la pasta, mala distribución de las partículas o granulometría deficiente, las partículas gruesas se separan del mortero y se produce lo que se conoce como segregación.

2.7.7 Exudación

La exudación es una propiedad del hormigón por la cual una parte del agua de mezcla se separa de la masa y sube hacia la superficie del hormigón. Se debe a las siguientes circunstancias:

- El exceso de agua.
- Deficiencia de finos en las mezclas.

CAPITULO III

3 METODOLOGIA Y TECNICAS A UTILIZAR

3.1 Tipo de Investigación

La investigación es de *diseño experimental*, de enfoque cuantitativo. Con componente técnico y descriptivo, en el estudio técnico se evaluó la calidad del hormigón en pie de obra y de los agregados, posteriormente se plantea una dosificación teniendo en cuenta las propiedades de los materiales y técnicas de construcción. En el estudio descriptivo se analizó las técnicas de elaboración, y los diferentes factores o agentes externos que pudieren afectar la calidad del hormigón.

3.2 Descripción del Proyecto.

La investigación consistió en determinar la calidad del hormigón de las construcciones civiles de la Ciudad de Coronel Oviedo que cuenten con elementos estructurales, tales, como zapata, columnas, vigas y losas. La cual se desarrolló en tres etapas; **Trabajo de campo** (toma de muestras en diferentes proyectos de construcción a fin de conocer el asentamiento y la resistencia característica a compresión para determinar la calidad del hormigón). **Ensayo de laboratorio y Análisis de los Resultados** (análisis estadístico de los resultados obtenidos).

3.2.1 Trabajo de Campo

El trabajo de campo consistió en muestrear construcciones que cuenten con elementos estructurales. Mediante una encuesta se recabaron la siguiente información; Información general de la construcción, características de los materiales, características del hormigón, etc.

Para ello se visitó las obras que se estaban desarrollando en el periodo de la investigación, según datos de la Municipalidad hasta la fecha 20 de mayo de 2019 se han aprobado en la junta municipal 84 obras ya sea construcciones nuevas de

Mario Javier Servin.

viviendas, refracciones, ampliaciones, salones etc. Del total de las construcciones, 18 obras cuentan con elementos de hormigón.

El relevamiento de datos se realizó en obras de hormigón estructural sin considerar la cantidad a hormigonar (m³), la superficie de la estructura (m²), y la forma de fabricación (in situ o elaborado), el tipo de estructura, la resistencia característica, entre otros aspectos que diferencian de un hormigón de otro. Es importante mencionar que el relevamiento de datos se realizó en el momento de la puesta en obra del hormigón fresco.

Contando con el plano de la ciudad de Coronel Oviedo, se ubicaron las construcciones de las cuales se seleccionaron 13 obras en ejecución, en donde se realizó los siguientes ensayos o procedimientos.

- Por cada construcción se hizo el ensayo de asentamiento por el método del cono de Abrams y se tomaron (2) probetas para finalmente realizar el ensayo de resistencia característica a compresión, a los 28 días de edad. También se hizo énfasis a las distintas particularidades observadas a la hora de realizar el mezclado y colocación del hormigón.

A continuación, se muestra un flujograma de visita a obras.

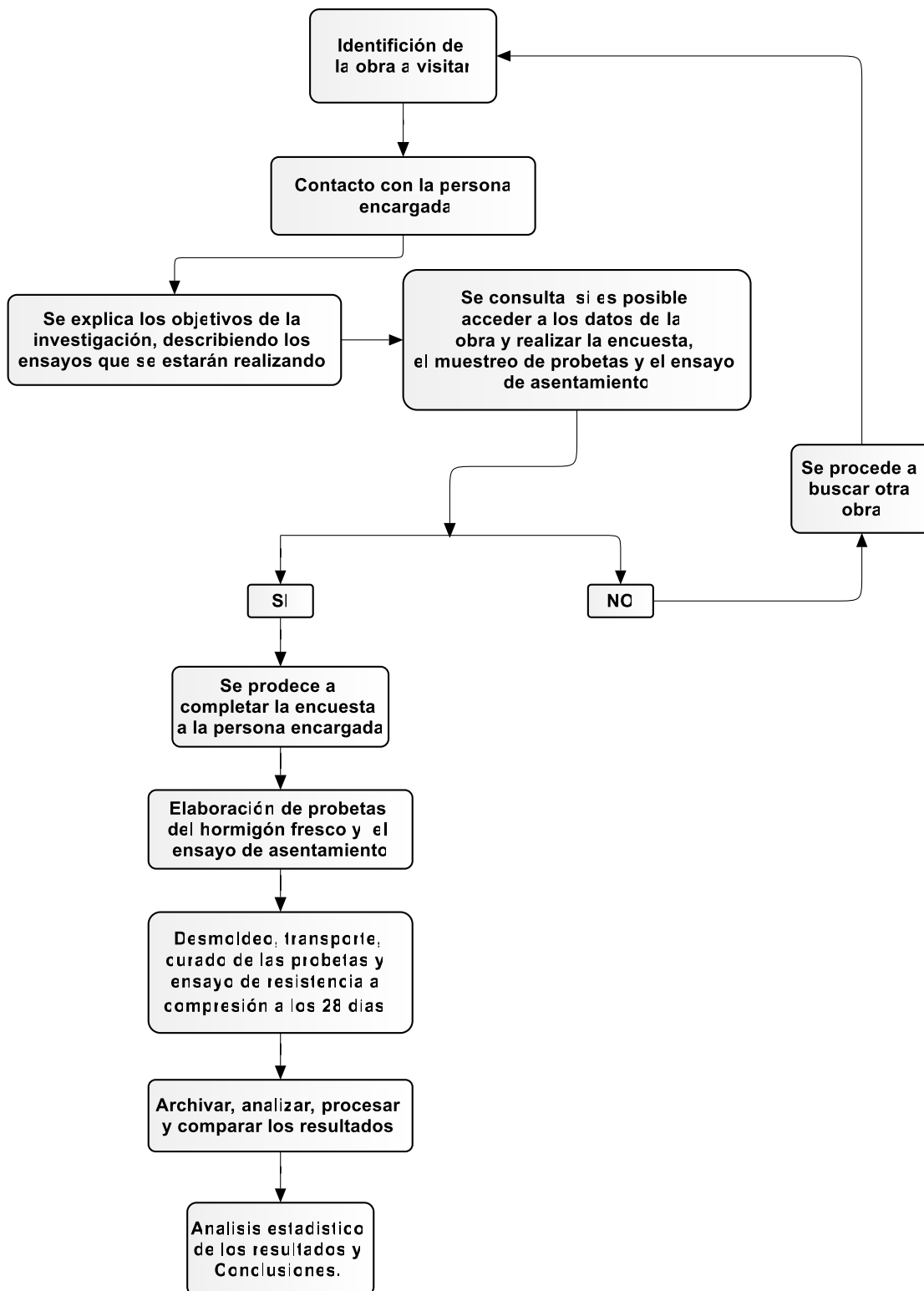


Tabla 14: Flujograma de desarrollo del trabajo de investigación.

3.2.1.1 Visita al responsable de la obra

Se hicieron por lo general tres visitas a cada obra; una para conocer el estado de la obra, personas encargadas, fecha del próximo cargamento, otra en la fecha del del cargamento para realizar el ensayo de asentamiento y el moldeo de las probetas y finalmente una para retirar las probetas.

Al ser ubicadas las obras en donde se estaba realizando el hormigonado de elementos estructurales se dialoga con el responsable o maestro de obra, explicándole los objetivos de la investigación, así también describiendo los ensayos que se estarán realizando. Esta etapa es muy importante para generar la confianza y así obtener los datos necesarios para el desarrollo de la investigación, la respuesta de la mayoría fue positiva ya que la investigación era totalmente anónima y no se sentían fiscalizados o supervisados.

Cabe resaltar la colaboración de los trabajadores a la hora de extracción de la mezcla para llenar las probetas, en total se recolectaron 26 probetas de hormigón de 13 obras que se estaban desarrollando durante el periodo de la investigación.

3.2.1.2 Ubicación de las construcciones evaluadas.

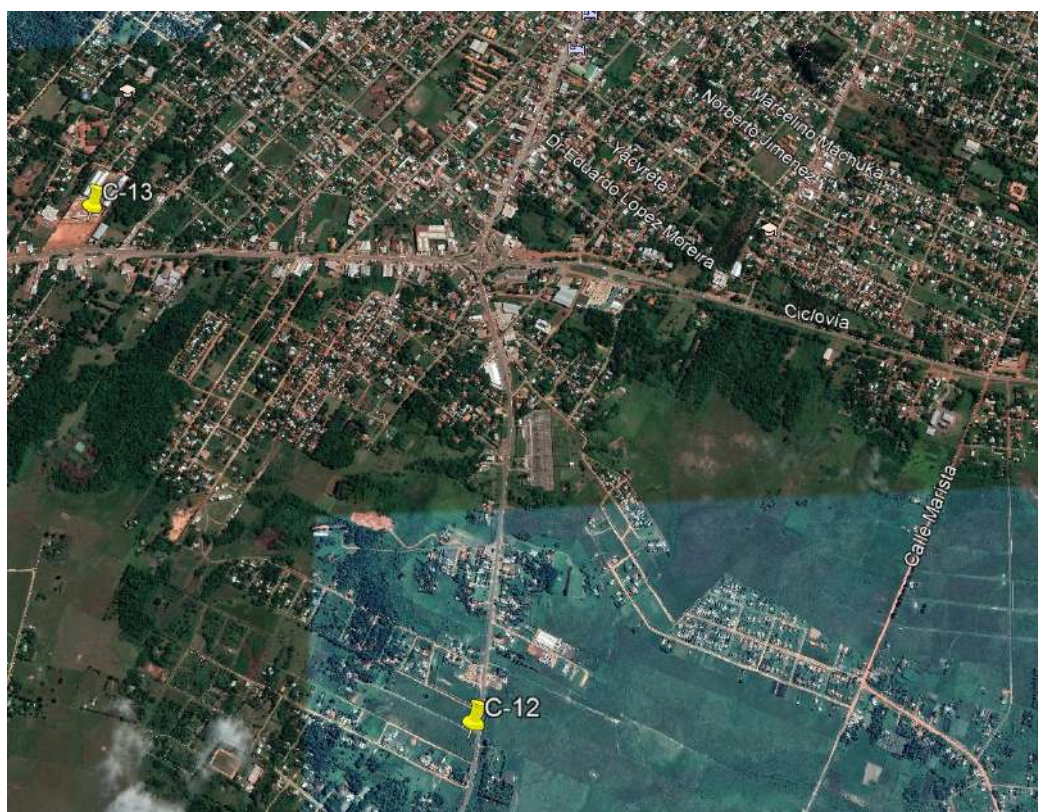
A continuación, se muestra las direcciones de las construcciones y su ubicación satelital.

Identificación de la Construcción	Dirección
C-1	Eduviguis Estigarribia c/ Ñeembucú - Barrio General Diaz
C-2	Antonio Vera Centurión e/ Ytororo y Pancha Garmendia
C-3	Calle Ytororo e/ Jaime San Just y Tacuary
C-4	Jaime San Just e/ Carlos A. Lopez y Pedro Juan Caballero.
C-5	Domingo Montanaro c/ Juan E. Oleary
C-6	Jaime San Just c/ Carlos A. López
C-7	Pdte Stroessner c/ Ttte Rojas Silva
C-8	Gral. Patricio Escobar e/ la Ruta 8 Dr. Blas Garay y Silvio Petirrossi
C-9	Guaira c/ Pancha Garmendia
C-10	Padres Molas c/ Gral. Patricio Escobar
C-11	Pituantuta entre Juan Manuel Frutos y E. Estigarribia
C-12	Ruta N° 8 Dr. Blas Garay km 132
C-13	Ruta N° 2 Mcal. Estigarribia km 130,5

Tabla 15: Dirección de las obras evaluadas



Ilustración 10: Ubicación satelital de las obras visitadas



3.2.1.3 Relevamiento de datos de la obra.

Previo al inicio del vaciado del hormigón se realiza la encuesta a los responsables de la obra con preguntas abiertas para recabar datos de los diferentes componentes del hormigón como, tipo de cemento, procedencia del agua y de los agregados y la dosificación usada, etc. También se enfatizó a los conocimientos generales que se tienen del hormigón y los procedimientos de mezclado y colocación del mismo y de las diferentes particularidades observadas, la cual se detalla en la siguiente encuesta.

Formato de Encuesta

RESPONSABLE: Mario Javier Servin Gonzalez.

NOMBRE DEL PREYECTO DE TESIS: Estudio de la Calidad del Hormigón Utilizado en Construcciones Civiles de la Ciudad de Coronel Oviedo.

1) INFORMACIÓN GENERAL DE LA CONSTRUCCIÓN

Nombre de la obra Construcción de Vivienda unifamiliar
 Dirección Eduviguis Estigarribia c/ Ñeembucú - Barrio General Diaz
 Fecha de visita. 06/06/2019
 Responsable de la obra : _____ Anónimo

1.1. Categoría

Arquitecto Maestro de obra **Conocimiento** Formación técnica
 Ingeniero Civil Operario **Adquirido** Empírico

1.2. Modalidad

Construcción nueva
 Ampliación

1.3. Elemento Evaluado

Viga Columna Zapata
 Losa Cimiento Escalera

¿Conoce la resistencia característica que alcanzará el hormigón con la dosificación empleada? SI No
 ¿Conoce la importancia de la relación A/C como principal responsable de la adquisición de la resistencia? SI No

Resistencia Especificada: _____ kg/cm² No se especifica

2) CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

Agr. Fino Lugar de extracción : Rio Tebicuary
Agr. Grueso Lugar de extracción : Cantera Aguapety Tipo: 5ta
Cemento Marca : Vallemi CP IV-32
Agua Lugar de extracción : Red de distribución de la ESSAP
Aditivo Marca : Sin Aditivos Tipo: -

3) CARACTERISITICAS DEL CONCRETO

3.1. Tipo de Mezclado

Manual Mezcladora Hormigón Elaborado en pie de obra

3.2. Dosificaciones

Agregados	Medidas Obra (proporción)		Medidas Vol.		Datos del recipiente
Cemento	1	balde	-	cm ³	Volumen: 10 (litros)
Agr. Fino	2	balde	-	cm ³	
Agr. Grueso	2	balde	-	cm ³	
Agua	-	balde	-	L/balde	

Relación A/C usada ---
 Asentamiento 17 cm

4) Resultados

4.1. Probetas curadas según Norma

Resistencia a la compresión
 Probeta Nº 1 191,27 kg/cm²
 Probeta Nº 2 186,85 kg/cm²

Ilustración 11: Formato de encuesta realizado a la construcción C-1

En el día del hormigonado se lleva todas las herramientas para realizar los ensayos en pie de obra. Los instrumentos que se utilizaron para los ensayos del hormigón son las siguientes.

- Probetas cilíndricas (4 unidades)
- Varilla risa de $\varnothing=16\text{mm}$
- Cucharón metálico de albañil
- Regla metálica centimetrada
- Equipos de protección personal.



Ilustración 12: Trabajo de muestreo en la obra C-3

3.2.1.4 Durante el hormigonado

En esta fase se observa las diferentes particularidades a la hora del mezclado de los diferentes componentes del hormigón y se registra varios criterios que usan los ayudantes albañiles, que muchas veces aumentan la cantidad de agua para que el hormigón sea más fluida o más trabajable. En la mayoría de los casos se usa baldes de 10 litros para los agregados (piedra y arena) y para el agua usan baldes de 20 litros lo cual hace más dificultoso estimar la cantidad de agua en cada mezclado.

Durante el proceso del hormigonado se realiza el ensayo de asentamiento y el moldeo de probetas.

A continuación, se muestran fotografías en donde se observa el asentamiento de algunas obras estudiadas.



Ilustración 13: Preparación del hormigón para el ensayo de Asentamiento en la obra C- 12



Ilustración 14: Medición del Asentamiento en la obra C-06

Para evaluar la resistencia del hormigón se elaboraron 2 probetas de cada obra bajo la Guía de laboratorio N° 8/H . Previamente al llenado de los moldes con hormigón, las paredes y la base del mismo se impregnaron de aceite vegetal adecuado para su posterior desmoldeo. De este modo se procedió a la compactación por picada en un lugar fijo de tal forma a no mover las probetas dentro

Mario Javier Servin.

del plazo fijado por la norma dentro de cada obra visitada, con 25 golpes cada capa y golpeando ligeramente los lados del molde con un mazo de goma cada capa respectivamente. Después de la compactación se procedió a retirar el hormigón sobrante, frontando su superficie y manipulando lo menos posible para dejar la cara lisa de tal forma que cumpliera las tolerancias de acabado. Luego a cada probeta se le colocaba una etiqueta para identificar la obra a la que correspondía.



Ilustración 15: Molde de probeta correspondiente a la construcción C-11

3.2.2 Después del Hormigonado.

Las probetas se dejan en un lugar aislado y seguro en la construcción durante 24 horas, para luego ser desmoldeadas e identificadas con la ayuda de un marcador permanente, en la base o en la parte lateral del mismo con el código de probeta correspondiente.

A continuación, las probetas eran cuidadosamente transportadas, en el baulero de un automóvil al laboratorio de la Empresa Compañía de Construcciones Civiles S.A (CCC S.A) que explota la Cantera Aguapety, para su curado por inmersión en pileta. En las manipulaciones realizadas se evitaron golpes y demás incidencias que pudieran afectar a las probetas en forma negativa.

Mario Javier Servin.



Ilustración 16: Curado de Probetas.



Ilustración 17: Entrada a la Cantera de Aguapety; Km 145 de la Ruta N° 8 Dr. Blas Garay.

3.2.2.1 Ensayo de Rotura a Compresión.

Se realiza el ensayo de resistencia a compresión de las probetas a los 28 días, bajo la Guía de laboratorio 8/H.

Primeramente, se selecciona las probetas que serán ensayadas en el día, se saca de la pileta de curado y se procede a limpiarlo con un paño, se dispone para ser secados a temperatura ambiente. Las probetas se colocaron cuidadosamente centradas en el plano inferior, de manera que queden centradas al eje de la carga.

Los resultados de los ensayos se muestran en la planilla de resultados de rotura a compresión en el capítulo 5.

Mario Javier Servin.

A continuación, algunas imágenes del ensayo.



Ilustración 18: Ensayo de rotura a compresión realizada en la cantera Aguapety.

CAPITULO IV

4 ANÁLISIS DE LOS MATERIALES.

En este capítulo se cuantificó la información de los materiales utilizados para la elaboración del hormigón de la ciudad de coronel Oviedo y también la información recolectada de la encuesta para determinar la variable. Las características de los materiales utilizados para la dosificación de la mezcla de hormigón permitirán tener una apreciación de la calidad de las construcciones estudiadas.

4.1 Materiales Utilizados.

Los materiales utilizados para la elaboración de hormigón son muy importantes para dar una buena resistencia característica, en la mayoría de los casos para la preparación de la mezcla del hormigón se utilizaron (arena gruesa del Rio Tebicuary, piedra triturada de la cantera de Aguapety y agua de la ESSAP) y solo en una construcción se utilizó aditivos.

4.1.1 Cemento

El cemento utilizado comprende mayoritariamente al Cemento Portland Puzolánico tipo CP IV -32, (Cemento Vallemi) comercializado en bolsas de 50kg.

Los usuarios adquieren por lo general de las ferreterías más cercanas o directamente de los proveedores de los mismo. Se deposita el cemento en un lugar protegido en construcción o dentro de la caseta del obrador, no están expuestos a un ambiente húmedo y son almacenados en lugares secos.

Los constructores en la mayoría optan por el Cemento Vallemi debido a la apariencia (verde oscuro) que presenta el hormigón cuando endurece y debido a la desinformación que tienen acerca de las propiedades cemento.



Ilustración 19: Productos comercializados por el Instituto Nacional del Cemento

Características del Cemento Portland Puzolánico tipo CP IV-32, (Cemento Vallemi)

Es un producto obtenido por la molienda conjunta de Clinker Pórtland + yeso y la adición de puzolanas activas.

Los morteros y hormigones elaborados con este cemento, poseen buena trabajabilidad, facilita la puesta en obra y compactación reduciendo la tendencia a la segregación.

Inhíbe la reacción, álcalis-árido, buena resistencia a los ataques químicos, mayor retención del agua de amasado. Buena aptitud para evitar la corrosión de armaduras, es de moderado calor de hidratación.

Resistencias mecánicas elevadas a mayores edades y disminuye el efecto expansivo de la cal libre.

Los hormigones y morteros presentan mayor durabilidad puesto que son más impermeables.

USO: Especialmente especificado para las siguientes aplicaciones:

- Estructuras de Edificios
- Muelles
- Fundación
- Presas
- Pavimentos rígidos en rutas y carreteras
- Hormigonado de grandes masas de cemento
- Piletas
- Canalización
- Tubos para desagüe cloacal.
- Piletas para tratamiento de efluentes químicos
- Bebederos

Mario Javier Servin.

En la siguiente tabla se detallan las características físicas y químicas del cemento Portland CP IV-32

INDUSTRIA NACIONAL DEL CEMENTO DPTO. CONTROL DE CALIDAD					
MUESTRA: Cemento Portland Puzolanico CP IV - 32			DIA	MES	AÑO
PROCEDENCIA: Embolsadora			19	Julio	2006
ANALISIS QUIMICO					
COMPONENTES			ESPECIFICACIONES NP - 170 4480		
Perdida por Calcinación	P.P.C.	2,90%			
Residuo Insoluble	R.I	7,00%			
Dióxido de Silicio	SiO ₂	24,20%			
Oxido de Aluminio	AL ₂ O ₃	4,60%			
Oxido de Hierro	Fe ₂ O ₃	3,60%			
Oxido de Calcio	CaO	50,80%			
Oxido de Magnesio	MgO	2,20%			
Anhidrido Sulfúrico	SO ₃	2,60%			
Oxido de Sodio	Na ₂ O	s/d			
Oxido de potasio	K ₂ O	s/d			
Cal Libre	CaO	1,00%	≤ 5,0 %	≤ 4,0 %	
ENSAYOS FÍSICOS - MECÁNICOS					
Residuo s/Tamiz N° 200 (0,074)		2,70	≤ 15 %		
Superficie Especifica Blaine		3.900 cm ² /gr	≥ 2.800 cm ² /gr.		
Agua Pasta Normal		27,30			
Expansión en Autoclave		0,045	≤ 1,2 %		
Peso Especifico Real		2,93 gr/cm ³			
FRAGUADO	Inicio	1:05	≥ 45'		
	Final	2:10	≤ 10 hs		
RESISTENCIA A LA COMPRESION			3 DIAS	21,80	≥ 10 MPa
			7 DIAS	31,00	≥ 20 MPa
			28 DIAS	40,00	≥ 32 MPa

Tabla 16: Características Físicas y Químicas del Cemento Portland Puzolanico CP IV-32, de la marca Vallemi

4.1.2 Agregado Grueso.

La totalidad del agregado grueso proviene de la cantera Aguapety por el bajo costo de flete que implica. Los usuarios lo depositan al costado de la construcción sobre terreno natural exponiendo al polvo, al suelo y a los desechos orgánicos y sobrante de la construcción, lo que contamina al material que por ende podría ser unos de factores que disminuyen la calidad del hormigón.

4.1.3 Agregado fino

El agregado fino o arena en las obras investigadas en su totalidad proviene de las zonas aledañas al Rio Tebicuary que muchas veces son utilizado en la elaboración Mario Javier Servin.

del hormigón con un cierto grado de humedad, cabe destacar que el material una vez sea depositado en la obra se deja sin ninguna protección contra las condiciones climáticas como lluvia o del rocío de la noche.

En la siguiente tabla se detalla la procedencia de los agregados

Identificación de la Construcción	Procedencia del Agregado Fino	Procedencia del Agregado Grueso	Marca del Cemento	Procedencia del Agua
C-1	Rio Tebicuary	Cantera Aguapety	Vallemi CP IV - 32	Essap
C-2	Rio Tebicuary	Cantera Aguapety	Vallemi CP IV - 32	Essap
C-3	Rio Tebicuary	Cantera Aguapety	Vallemi CP IV - 32	Essap
C-4	Rio Tebicuary	Cantera Aguapety	Vallemi CP IV - 32	Essap
C-5	Rio Tebicuary	Cantera Aguapety	Vallemi CP IV - 32	Essap
C-6	Rio Tebicuary	Cantera Aguapety	Vallemi CP IV - 32	Essap
C-7	Rio Tebicuary	Cantera Aguapety	Vallemi CP IV - 32	Essap
C-8	Rio Tebicuary	Cantera Aguapety	Vallemi CP IV - 32	Essap
C-9	Rio Tebicuary	Cantera Aguapety	Vallemi CP IV - 32	Essap
C-10	Rio Tebicuary	Cantera Aguapety	Vallemi CP IV - 32	Essap
C-11	Rio Tebicuary	Cantera Aguapety	Vallemi CP IV - 32	Essap
C-12	Rio Tebicuary	Cantera Aguapety	Cemento CP II F40	Pozo Artesiano
C-13	Rio Tebicuary	Cantera Aguapety	Vallemi CP IV - 32	Pozo Artesiano

Tabla 17: Procedencia y tipos de agregados

4.1.4 Agua

El agua es una sustancia determinante en la construcción, y está especialmente relacionada con el hormigón; el agua es elemental en su fabricación ya que, de ella, mediante el agua de amasado, de curado y la relación agua/cemento, depende las resistencias mecánicas y su durabilidad. No obstante, el agua actúa como un agente agresivo del hormigón.

Mario Javier Servin.

Se comprobó visualmente que el agua de mezclado que se usa es potable. El 84.6% es procedente de la red de distribución pública de la Empresa de Servicios Sanitarios del Paraguay S.A. (ESSAP), ubicado en la cabecera del puente del Río Tebicuary sobre la Ruta N° 8, Dr. Blas Garay. El agua era almacenada en la obra en cilindros metálicos o de plástico para su posterior uso.

Se realizó una visita a la planta de tratamiento de agua para relevar las propiedades físicas y químicas del agua, pudiéndose comprobar que se realizan minuciosamente los ensayos y procedimientos del control de la calidad del agua.

Haciendo una comparación de los resultados obtenidos de la planta de tratamiento y la exigencia de la Norma Paraguaya N.P. N.º 69 que debe cumplir para morteros y hormigón con lo siguiente.

Requisito N.P. N.º 69				Resultados obtenidos en la planta de Essap.
Parámetros	Unidad	Mínimo	Máximo	
PH	-	5,5	8	7,22
Cloruro, Cl	g/l	-	1	0,0037
Sulfatos, SO4	g/l	-	0,6	0,007426
Hierro, Fe2O3	mg/l	-	1	0,024133333

Tabla 18: Comparación de los resultados de los análisis del agua y la Norma Paraguaya N.P. N.º 69

Los resultados obtenidos es el promedio de los análisis de cinco tomas de muestra de agua realizado en el mes de junio de 2019, por ESSAP en los siguientes lugares.

Puntos de Muestro	Dirección
M1: Agua potabilizadora	Coronel Oviedo
M2: Reservorio	Coronel Oviedo
M3: Hospital Distrital	Coronel Oviedo
M4: Plaza de los Héroes	Avda. Defensores del Chaco
M5: Ande	Coronel Oviedo

Tabla 19: Lugares de extracción del agua para su análisis.

Pudiéndose llegar a la conclusión que el agua utilizada en la elaboración del hormigón en las construcciones de la ciudad de Coronel Oviedo es apta y cumple con los requisitos mínimos establecidos en la Norma Paraguaya N.P. N.º 69.

En la sección Anexo A: Planilla de Control de Calidad del Agua de la Planta de Tratamiento Tebicuary-mi

Tabla 42 se muestra los resultados del análisis físico – bacteriológico de la red de distribución de agua de la ciudad de Coronel Oviedo.

A continuación, se muestran gráficos de las tablas anteriores y se analizan los mismos.

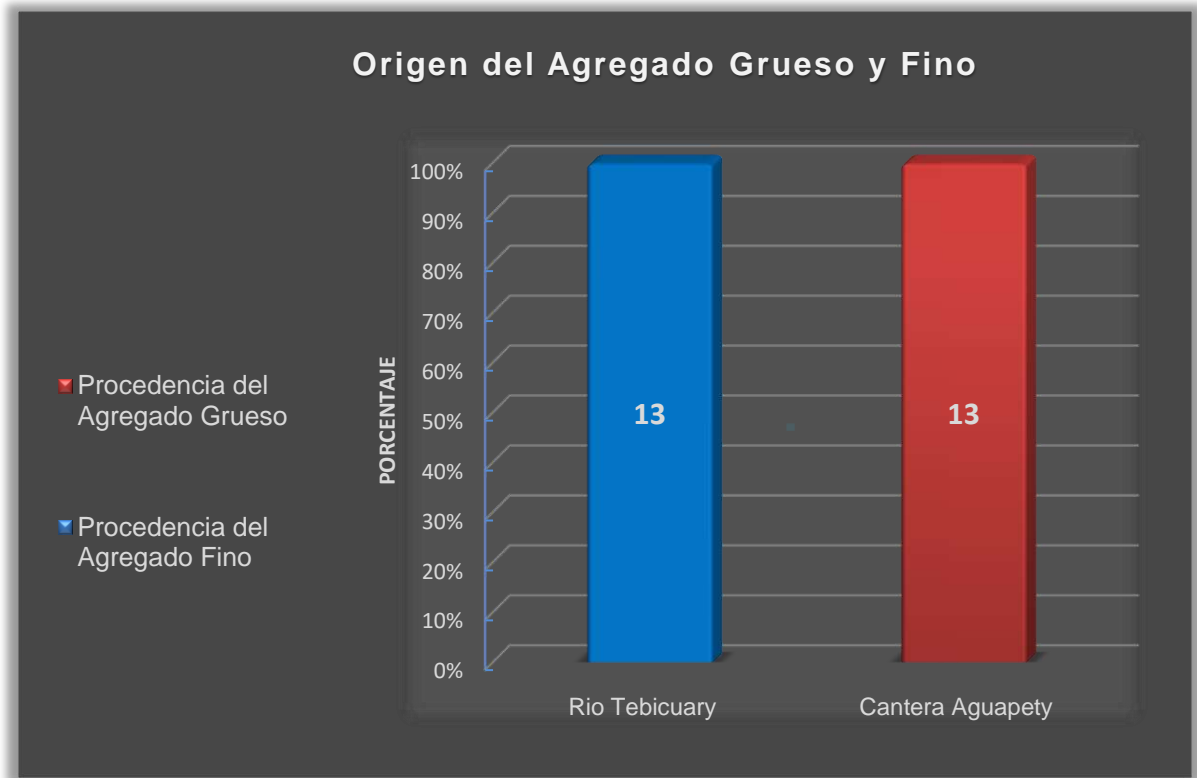


Ilustración 20: Origen del agregado fino y grueso

Se puede observar que el 100% del agregado grueso y fino proviene de la cantera Aguapety y del Rio Tobicuary respectivamente, esto por la cercanía y el bajo costo del flete que implica el transporte del mismo.

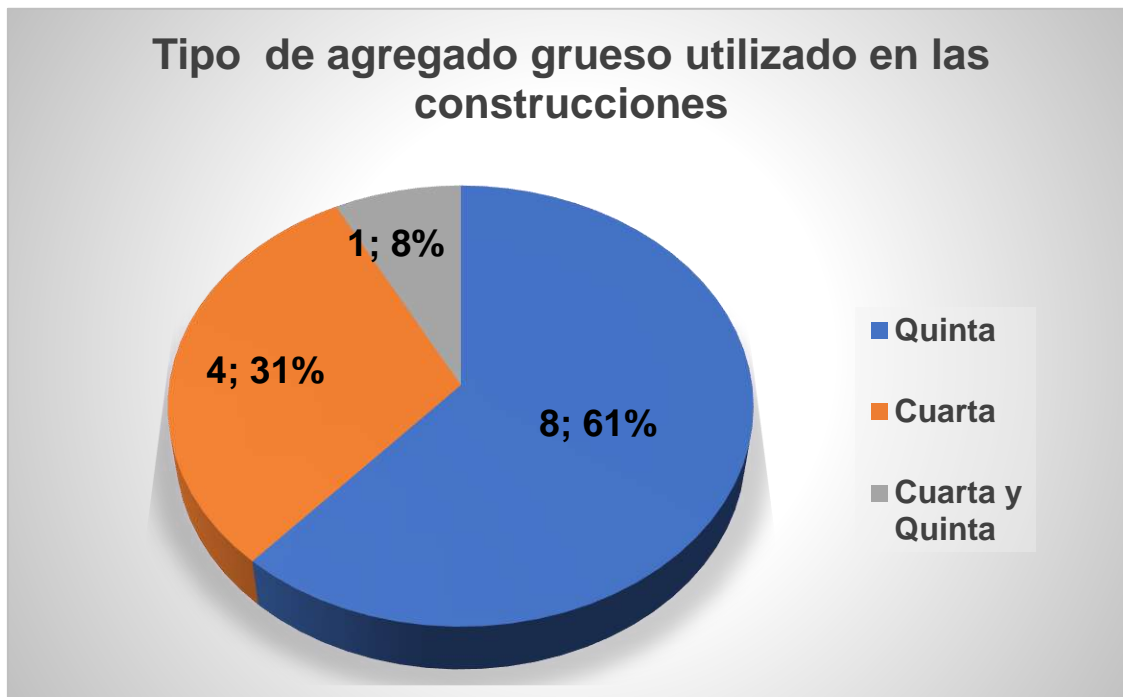


Ilustración 21: Tipo de agregado utilizado en la elaboración de la mezcla del hormigón.

De todas las construcciones visitadas, el 61% (8) utilizaba el agregado grueso tipo quinta; el 31% (4), tipo cuarta. Sin embargo, se encontró que 8% (1) utilizaba agregado grueso tipo cuarta y quinta.

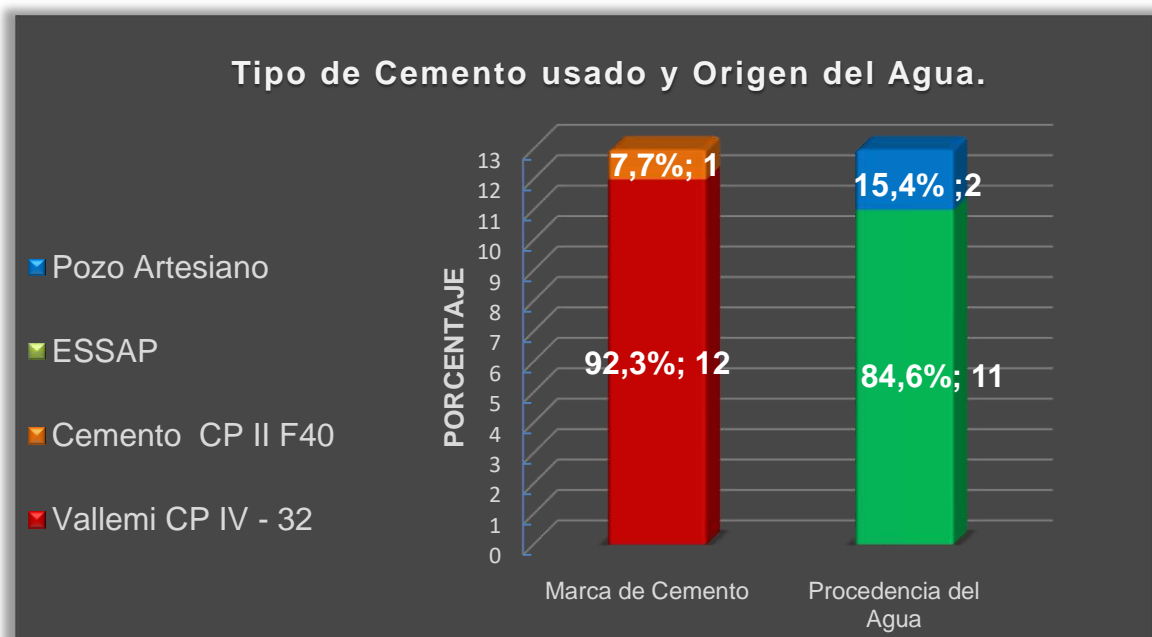


Ilustración 22: Tipo de Cemento y Origen del Agua usado en la elaboración del Hormigón.

El cemento Portland Vallemi CP IV – 32 es de uso muy comercial debido a las costumbres de los constructores y la tendencia o creencia de algunos que es de mejor la calidad con respecto a las otras marcas que se comercializan, como el cemento Yguazu que se produce en el país.

El cemento CP II-F40 es de origen Boliviano, que se utilizó en la construcción C-12 debido a que requería un rápido avance de la obra, una de las características de este tipo de cemento es la elevada resistencia a tempranas edades, menor calor de hidratación y la reducción del agua de amasado, los cuales lo hacen ideal para la utilización en estructuras que tengan que entrar en servicio rápidamente.

Cabe mencionar que la empresa constructora de las obras C-12 y C-13 tenían pozo artesiano para el abastecimiento de agua.

4.2 Dosificación del Hormigón.

La dosificación es un parámetro muy importante para la calidad del hormigón, ya que del mismo dependerá la resistencia y la durabilidad en estado endurecido.

Mario Javier Servin.

En las construcciones observadas en la ciudad de Coronel Oviedo no existe el menor concepto de control de agua, por el contrario, se busca que la mezcla de hormigón sea suelta y de rápida colocación y sin utilizar equipos o herramientas de compactación.

En esta investigación la cantidad de agua añadida fue muy difícil de determinar debido a la rápida ejecución de los trabajos de mezclado y la variabilidad de los baldes o recipientes que se utilizó en las obras ya que los obreros añadían agua de forma descontrolada con el fin de mejorar la trabajabilidad.

Casi en la totalidad de los muestreos realizados se produce un hormigón muy fluida que tiene como consecuencia la segregación y la no uniformidad de los componentes del mismo y una exudación en exceso.

Los datos sobre la cantidad de agua añadido son cantidades que se obtuvieron mediante la observación que no se pudo cuantificar con exactitud. Por estos motivos mencionados queda excluido ese punto en esta investigación ya que los datos obtenidos no corresponden con exactitud a la cantidad de agua usada en cada amasado.

En la siguiente ilustración se muestra los tipos de elementos evaluados.

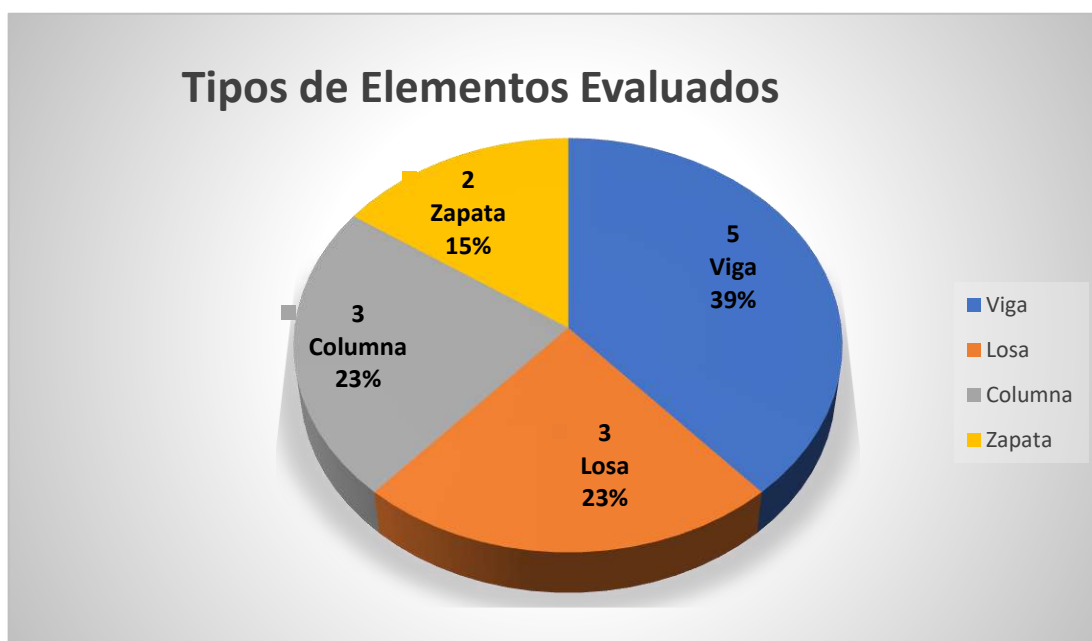


Ilustración 23: Tipo y cantidad de elementos estructurales evaluados

En el grafico se observa los elementos estructurales de las cuales se realizó el muestro de 13 obras en total, en donde el 39% corresponde a vigas, 23% a losas y columnas y el 15% a zapatas respectivamente.

En la siguiente tabla se muestra los resultados de la dosificación en volumen y la resistencia característica de todas las obras estudiadas.

Identificación de la Construcción	Tipo de Elemento Estructural	Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Nomenclatura	Resistencia Característica (kg/cm ²)
C-1	Viga	1	2	2	1;2;2	189,06
C-2	Viga	1	2	4	1;2;4	88,65
C-3	Viga	1	1,5	2	1;1,5;2	93,8
C-4	Losa	1,5	3	4	1,5;3;4	158,16
C-5	Losa	1	3,5	3,5	1;3,5;3,5	75,77
C-6	Columna	1	2	3,5	1;2;3,5	157,06
C-7	Zapata	1	3	4	1;3;4	87,54
C-8	Viga	1	3	4	1;3;4	59,22
C-9	Columna	1	2	3	1;2;3	69,15
C-10	Viga	1	3	4	1;3;4	46,35
C-11	Columna	1	2,5	3,5	1;2,5;3,5	146,39
C-12	Zapata	Hormigón elaborado en pie de obra				253,23
C-13	Losa	Hormigón elaborado en pie de obra				222,11

Tabla 20: Dosificación y resistencia de las construcciones estudiadas.

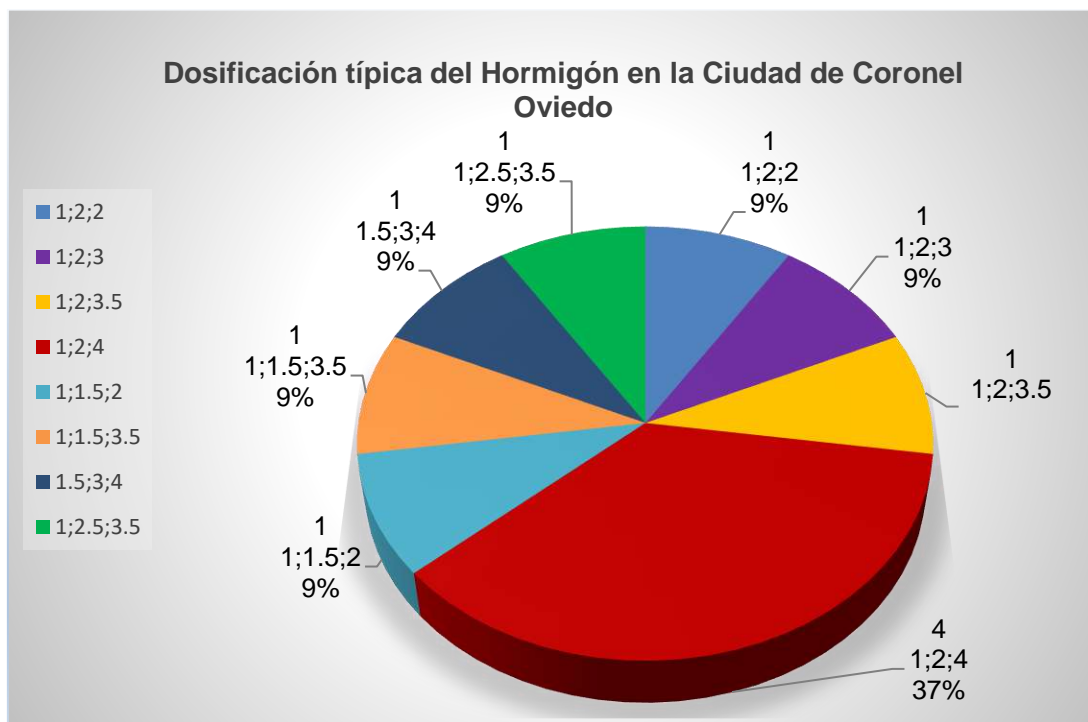


Ilustración 24: Dosificación típica de Agregado Fino y Agregado Grueso usado en las construcciones civiles de la Ciudad de Coronel Oviedo.

En la ilustración se observa que la dosificación más generalizado es de 1:2:4 que representanta el 37%.

4.2.1 Mezclado de los Materiales

En esta investigación se pudo observar que el orden de ingreso de los materiales es como sigue: agua, seguidamente agregado fino y agregado Grueso, intercaladamente balde de cemento y agua. En algunas obras al final echaban más agua para variar la fluidez o trabajabilidad del hormigón.

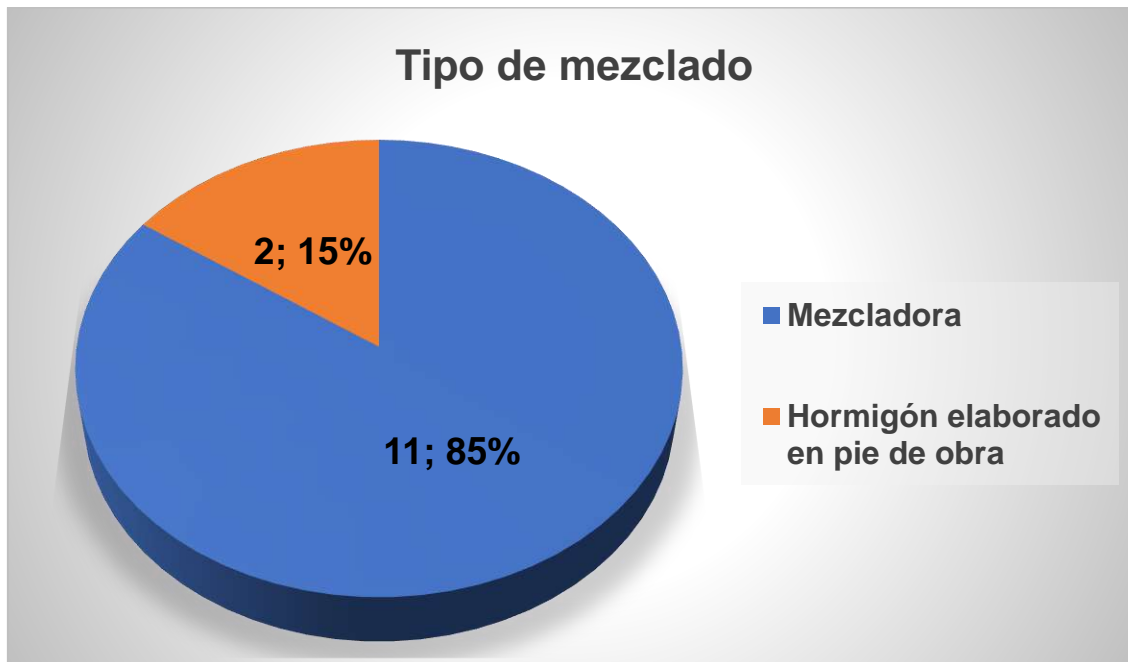


Ilustración 25: Tipo de mezcladora utilizado

De todas las construcciones visitadas, el 85% (11) utilizaba mezcladora tipo trompito con capacidades que variaban desde 90 a 250 litros, y el 15% (2) utilizaba equipos especiales de precisión para medir la cantidad de agregados del hormigón.

CAPITULO V

5 Análisis de los Resultados

En este capítulo se analizará la información recolectada de la encuesta y los resultados de ensayo de resistencia a compresión, también la consistencia del hormigón, con las que se determinó las variables con el fin de responder a los objetivos de la presente investigación, es decir, conocer la calidad del hormigón producido en la ciudad de Coronel Oviedo.

Estos datos fueron utilizados en forma estadística, a fin de determinar el promedio, y la desviación estándar de la resistencia del hormigón y graficarlos para tener una tendencia de lo relevado, y la probabilidad de mejorar los resultados de una forma racional de dosificar, elaborar y controlar el hormigón.

5.1 Evaluación de Encuesta

Los resultados obtenidos de las encuestas reflejan grandes rasgos en aspecto socio-económico y cultural de las personas encargadas de la obra, que con el afán de abaratar los costos de producción del hormigón, dejan de lado la calidad del mismo.

Los propietarios sólo esperan ver el producto terminado y al depositar la confianza en los maestros de obra, creen que el hormigón utilizado es el mejor. El propietario solo podrá saber de la calidad del hormigón si es “buena o mala” cuando aparezcan fallas visibles en la estructura, que muchas veces se presentan después de un tiempo terminada la obra.

En las siguientes graficas se muestran los resultados de las encuestas realizadas.

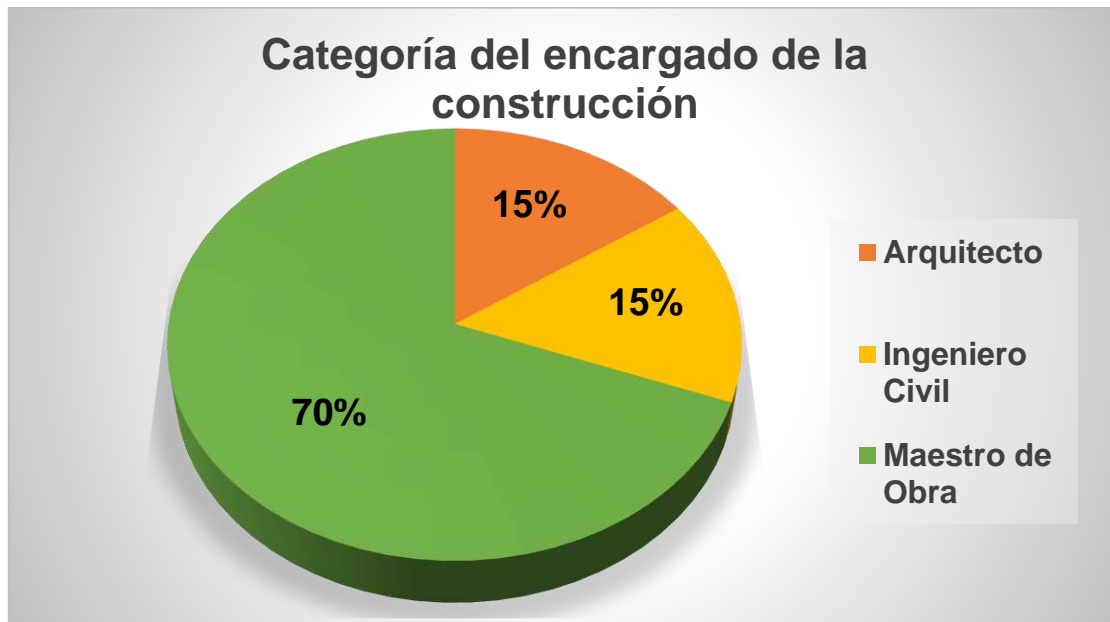
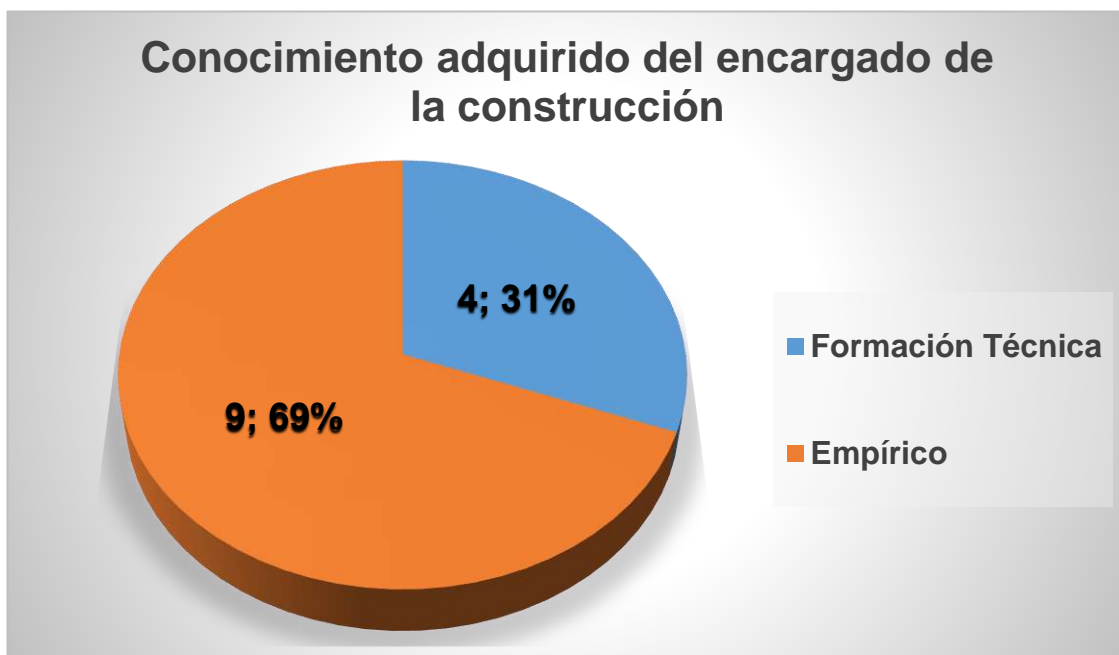


Ilustración 26: Categoría del encargado de la construcción.

De todas las construcciones visitadas, el 70% (9) tenía como encargado a un maestro de obra; seguida de 15% (2), a un arquitecto e Ingeniero Civil.

También se les pregunto cómo obtuvieron su conocimiento sobre la construcción, ya sea por experiencia propia y tiempo de duración en el rubro.



De todos los encargados de obra encuestados, el 69% (9) tenía conocimiento empírico y el 31% (4), contaba con formación técnica.

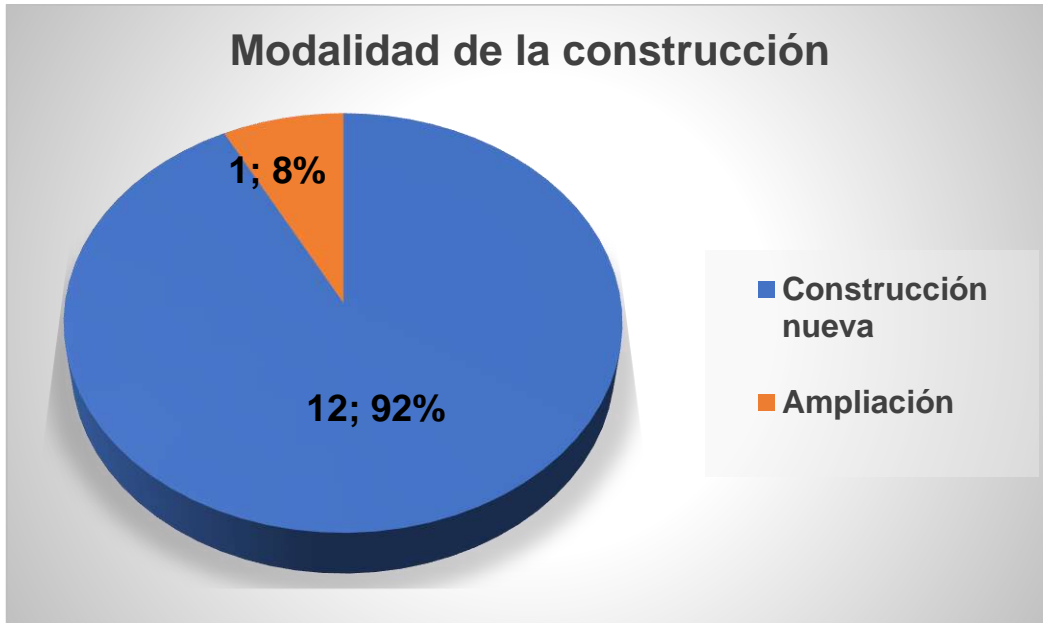


Ilustración 28: Modalidad de la construcción.

De todas las construcciones visitadas, el 92% (12) era construcción nueva y solo 8% (1) era ampliación.

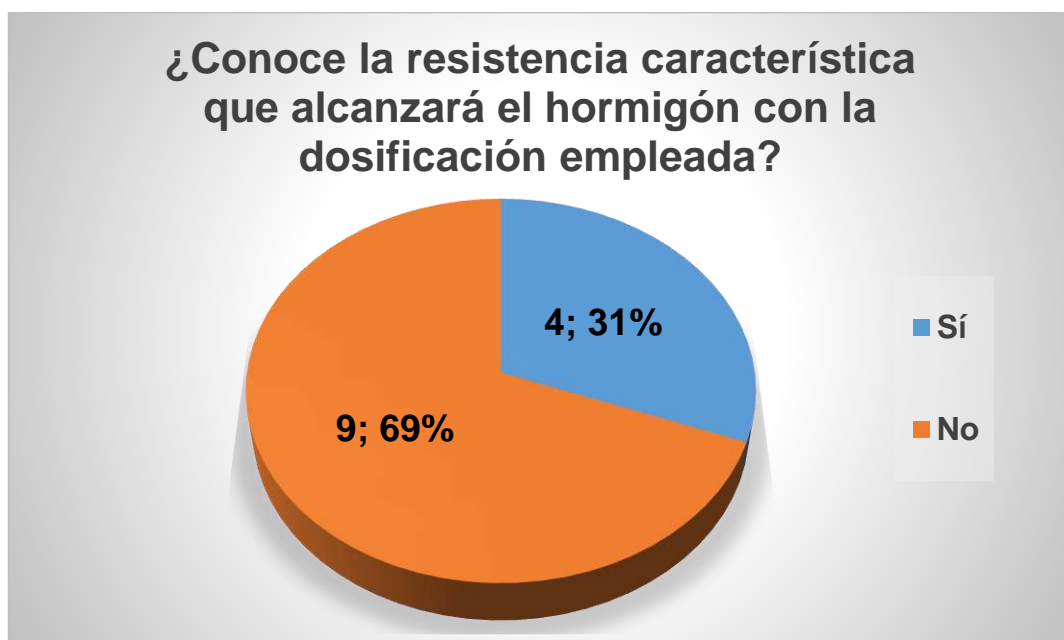


Ilustración 29: Conocimiento de la resistencia característica del hormigón que alcanzará con la dosificación empleada.

De todos los encargados encuestados, el 69% (9) no tenía conocimiento de la resistencia característica que alcanzará el hormigón con la dosificación empleada, y el 31% (4) sí tenía conocimiento del mismo.

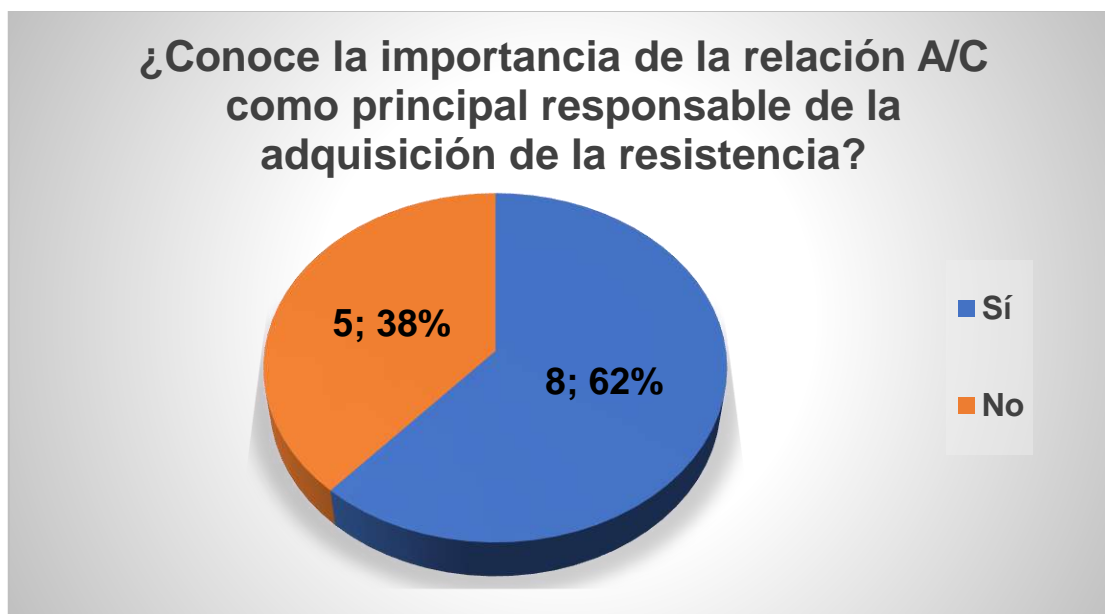


Ilustración 30: Conocimiento de la relación agua/cemento.

De todos los encargados encuestados, el 62% (8) tenía conocimiento sobre la importancia de la relación A/C como principal responsable de la adquisición de la resistencia, y el 38% (5) no tenía conocimiento del mismo.



Ilustración 31: Especificación de la resistencia característica en los planos

De todas las construcciones visitadas, el 77% (10) no especificaba la resistencia en los planos y solo el 23% (3) lo hacía.

5.2 Análisis del Hormigón en Estado Fresco.

En esta sección se estudiará la consistencia del hormigón empleando herramientas estadísticas para determinar el asentamiento representativo del hormigón en las construcciones de la ciudad de Coronel Oviedo.

El ensayo Asentamiento es el método tradicional para medir la trabajabilidad del hormigón fresco, ya que permite una aproximación numérica a esta propiedad del hormigón, sin embargo, se debe tener claro que ésta es más una prueba de **consistencia** o **uniformidad** que de **trabajabilidad**; pues demuestra que se pueden obtener hormigón con igual asentamiento, pero trabajabilidad diferente, para las mismas condiciones de trabajo.

En la siguiente tabla se muestra los resultados del ensayo de Asentamiento.

Identificación de la Construcción	Tipo de Elemento Estructural	Asentamiento de C. Oviedo (cm)	Resistencia Característica (kg/cm ²)
C-1	Viga	17	189,06
C-2	Viga	16	88,65
C-3	Viga	15	93,8
C-4	Losa	15,5	158,16
C-5	Losa	15	75,77
C-6	Columna	14	157,06
C-7	Zapata	19	87,54
C-8	Viga	17	59,22
C-9	Columna	16	69,15
C-10	Viga	21	46,35
C-11	Columna	19	146,39
C-12	Zapata	10	253,23
C-13	Losa	9,5	222,11
Desviación Estándar (cm)		3,27	
Promedio (cm)		15,69	
Máximo (cm)		21	
Mínimo (cm)		9,5	

Tabla 21: Valores de ensayo de Asentamiento y Resistencia de las construcciones de Coronel Oviedo.

El ensayo de asentamiento realizada a 13 construcciones, se obtuvo un valor mínimo de 9.5cm, un valor máximo de 21cm, la desviación estándar es 3,27cm y un promedio de 15,69cm.

A continuación, se muestra el asentamiento medido en las construcciones de la ciudad de Coronel Oviedo, recordando que para un hormigón de consistencia media debe estar en un rango de 5cm a 10cm.

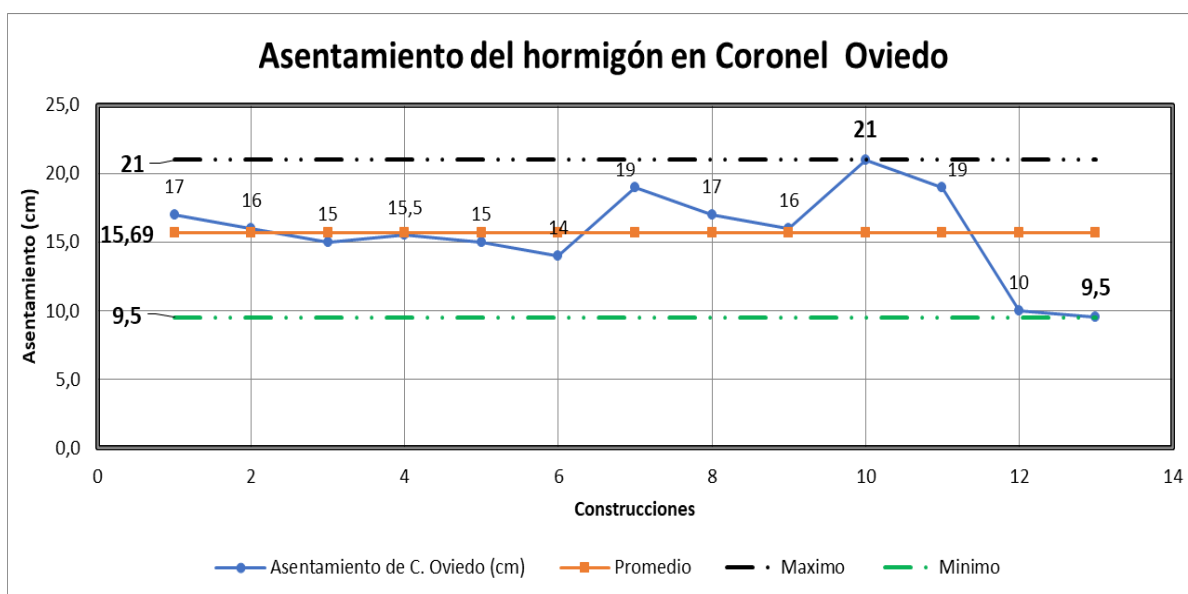


Ilustración 32: Asentamiento del hormigón de la ciudad de Coronel Oviedo.

Las construcciones con hormigón elaborado en pie de obra (C-12 y C-13) están en el rango ya que tenía un profesional que controlaban la cantidad de agua en la mezcla y por otro lado se ve las obras construidas con “hormigón empírico” que tienen un promedio de 16.77cm de asentamiento que es muy fluido y que tiene como consecuencia directa la disminución de la resistencia.

Indudablemente que el hormigón suelto es beneficioso a la hora de la colocación, porque evita trabajos extras de compactación, pero resulta perjudicial ya que el exceso de agua reduce la resistencia considerablemente.

Se selecciono como el asentamiento optimo el valor requerido para una consistencia plástica (8-10cm) y se compara con el asentamiento representativo de las construcciones de la ciudad de Coronel Oviedo que es 15.69cm, que es 1.68 veces más que al asentamiento plástico de aspecto levemente cohesivo.

Se puede concluir entonces que el asentamiento representativo de las construcciones de la ciudad de Coronel Oviedo es de 15.69cm de consistencia fluida, y no cumple con la consistencia plástica que se necesita, esto debido a que el constructor añade de forma excesiva la cantidad de agua en su dosificación, y sin aumentar la cantidad de cemento, como consecuencia se aumenta la trabajabilidad de la mezcla pero disminuye la resistencia característica y la calidad del hormigón.

5.3 Análisis del Hormigón en Estado Endurecido.

El control sobre el hormigón endurecido se ha realizado sobre probetas cilíndricas de 15x30cm, que fueron curadas bajo agua en condiciones normalizadas en el Laboratorio a las cuales se realizó el ensayo de resistencia a la compresión en la empresa Compañía de Construcciones Civiles (CCC S.A) ubicada en Aguapety.

Los "maestros de obras" en su mayoría no conocen el significado de resistencia a la compresión (f_{ck}), no obstante, en algunos casos estos valores estaban indicados en los planos.

En la obra con código C-12 y C-13 la supervisión estuvo a cargo de un profesional (Arquitecto e Ingeniero Civil respectivamente), los cuales se preocuparon por la dosificación, control y calidad de hormigón.

A continuación, se muestra los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión a los 28 días de cada construcción, como el producto del promedio de dos probetas de hormigón.

Identificación de la Construcción	Probeta N°	Fecha de Moldeo	Fecha de Rotura.	Tipo de Elemento Estructural	Asentamiento (cm)	Sección (cm ²)	Carga Total de Rotura (kg)	Resistencia de Rotura a 28 días (kg/cm ²)	Resistencia Media de Rotura
C-1	1	06-06-19	04-07-19	Viga	17	176,715	33800	191,27	189,06
	2						33020	186,85	
C-2	3	07-06-19	05-07-19	Viga	16	176,715	15600	88,28	88,65
	4						15730	89,01	
C-3	5	08-06-19	06-07-19	Viga	15	176,715	17680	100,05	93,80
	6						15470	87,54	
C-4	7	10-06-19	08-07-19	Losa	15,5	176,715	29900	169,20	158,16
	8						26000	147,13	
C-5	9	11-06-19	09-07-19	Losa	15	176,715	13000	73,56	75,77
	10						13780	77,98	
C-6	11	12-06-19	10-07-19	Columna	14	176,715	25870	146,39	157,06
	12						29640	167,73	
C-7	13	13-06-19	11-07-19	Zapata	19	176,715	15600	88,28	87,54
	14						15340	86,81	
C-8	15	13-06-19	11-07-19	Viga	17	176,715	10660	60,32	59,22
	16						10270	58,12	
C-9	17	14-06-19	12-07-19	Columna	16	176,715	12740	72,09	69,15
	18						11700	66,21	
C-10	19	21-06-19	19-07-19	Viga	21	176,715	7540	42,67	46,35
	20						8840	50,02	
C-11	21	21-06-19	19-07-19	Columna	19	176,715	24440	138,30	146,39
	22						27300	154,49	
C-12	23	06-10-19	02-11-19	Zapata	10	176,715	45000	254,65	253,23
	24						44500	251,82	
C-13	23	12-10-19	08-11-19	Losa	9,5	176,715	39000	220,69	222,11
	24						39500	223,52	
Promedio (kg/cm²)									126,65
Desviación Estándar (kg/cm²)									66,01
Coefficiente de Variación del Lote (%)									52,12
Máximo (kg/cm²)									253,23
Mínimo (kg/cm²)									46,35

Tabla 22: Resumen de las Resistencias características obtenidas a los 28 días, de las construcciones de la ciudad de Coronel Oviedo

De la tabla de resultados, la resistencia característica promedio $f_{ck}=126.65 \text{ kg/cm}^2$. El mínimo valor fue de 46.35 kg/cm^2 y la máxima de 253.23 kg/cm^2 , correspondiente a un elemento estructural de viga y zapata respectivamente.

La desviación estándar obtenida fue de 66.01 kg/cm^2 y el coeficiente de variación del lote es de 52.12% lo cuales corresponden a un grado de control "deficiente",

Mario Javier Servin.

haciendo una comparativa de los resultados con la Tabla 9: Estándares de control del hormigón., estas variaciones en los resultados pueden ser producto de las variaciones de las propiedades de los materiales empleados o las dosificaciones del hormigón, como así también el descontrol de la cantidad de agua añadida y las proporciones de las cantidades de los agregados.

A continuación, se desarrolla los dos procedimientos de para determinar la aceptabilidad de una población de muestra del hormigón.

- 1) Ningún resultado de ensayo tendrá una resistencia menor del 85% de la resistencia característica especificada

$$f_{cm_i} \geq 0.85f_{ck}$$

- 2) El **resultado de cada uno de los ensayos** será igual o mayor que la resistencia especificada:

$$f_{cm_i} \geq f_{ck}$$

Este análisis se realiza considerando que resistencia característica mínima es $f_{ck}=170\text{kg/cm}^2$ que debe utilizarse en las construcciones según la ACI y la norma Paraguaya.

Identificación de la Construcción	Tipo de Elemento Estructural	Asentamiento de C. Oviedo (cm)	Resistencia Característica (kg/cm ²)	Criterio de Aceptación del Hormigón	
				$f_{cm} \geq 0,85f_{ck}$	$f_{cm} \geq f_{ck}$
C-1	Viga	17	189,06	189,06 ≥ 144,5	189,06 ≥ 170
C-2	Viga	16	88,65	88,65 ≥ 144,5	88,65 ≥ 170
C-3	Viga	15	93,8	93,8 ≥ 144,5	93,8 ≥ 170
C-4	Losa	15,5	158,16	158,16 ≥ 144,5	158,16 ≥ 170
C-5	Losa	15	75,77	75,77 ≥ 144,5	75,77 ≥ 170
C-6	Columna	14	157,06	157,06 ≥ 144,5	157,06 ≥ 170
C-7	Zapata	19	87,54	87,54 ≥ 144,5	87,54 ≥ 170
C-8	Viga	17	59,22	59,22 ≥ 144,5	59,22 ≥ 170
C-9	Columna	16	69,15	69,15 ≥ 144,5	69,15 ≥ 170
C-10	Viga	21	46,35	46,35 ≥ 144,5	46,35 ≥ 170
C-11	Columna	19	146,39	146,39 ≥ 144,5	146,39 ≥ 170
C-12	Zapata	10	253,23	253,23 ≥ 144,5	253,23 ≥ 170
C-13	Losa	9,5	222,11	222,11 ≥ 144,5	222,11 ≥ 170

Tabla 23: Criterios de aceptación de una muestra de hormigón.

- En el primer criterio el hormigón producido en 46% (6) construcciones cumplen la resistencia característica mínima del hormigón establecidas por las normas, mientras 54% (7) de ellas no cumplen.
- En el segundo criterio el hormigón producido en 23% (3) construcciones cumplen la resistencia característica mínima del hormigón establecidas por las normas, mientras 77% (10) de ellas no cumplen.

En la gráfica siguiente se muestra los resultados de los ensayos de resistencia a compresión a los 28 días de edad.

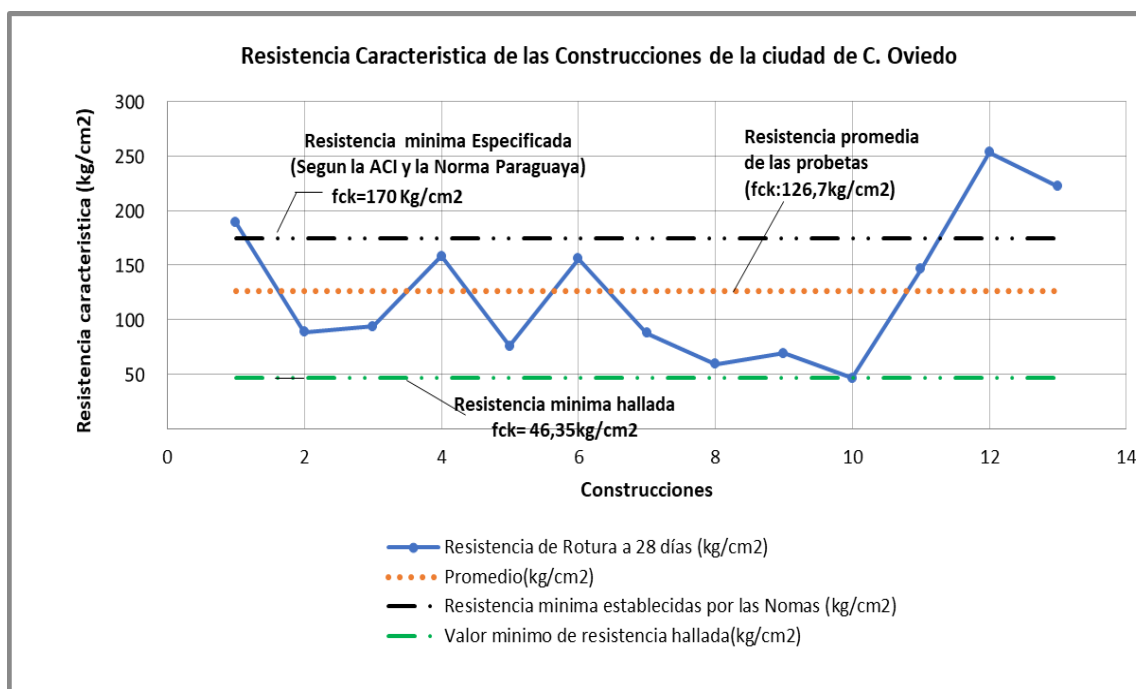


Ilustración 33: Resistencia a la compresión a los 28 días de las construcciones de Coronel Oviedo

Los resultados de la resistencia característica del hormigón (fck) de elementos estructurales de columnas, losas, vigas y zapatas, podemos concluir que el

hormigón usado en las construcciones de la ciudad de Coronel es “deficiente o de baja calidad” comparando con la resistencia mínima de 170 kg/cm² exigida por la Norma ACI 318S-08 y la NORMA PARAGUAYA NP 17 058 08 – HORMIGÓN ELABORADO. - Especificaciones, transporte, colocación, compactación y curado.

Lo que se tiene que resaltar de los análisis estadísticos que se hizo a modo de ir cuantificando la resistencia característica usada en las obras que debería hacerse o conocerse en la ciudad en caso de obras de importancia o de gran envergadura, cumplimiento las especificaciones requeridas por las normas. Los datos estadísticos son parámetros o herramientas para conocer la calidad del hormigón que se está haciendo en la ciudad.

CAPITULO VI

6 DESARROLLO Y DISEÑO DE UNA DOSIFICACIÓN.

Debido a que los resultados de los ensayos de resistencia a compresión del muestro que se realizó en la ciudad de Coronel Oviedo, cuyo promedio fue de 126.65 kg/cm²; no cumple con la resistencia mínima de 170 kg/cm² exigida por la Norma ACI 318S-08 y la NORMA PARAGUAYA NP 17 058 08 – HORMIGÓN ELABORADO. Entonces, se procede a realizar una dosificación con los materiales más representativos que se usó en las construcciones.

Hay que resaltar que la resistencia media obtenida es la cuantificación de diferentes obras no conectado entre sí. Entonces en ese caso luego de los análisis estadísticos de las 13 obras, se eligieron 3 obras las que están dentro de la resistencia media mínima tabuladas en la

Tabla 13: Resistencia mínima requerida para tres ensayos consecutivos. NP 17 058 08, (Hormigón mezclado empíricamente en mezcladoras portátiles).

Entonces se da por conveniencia plantear una alternativa para la dosificación considerando aquellos resultados con resistencias características más elevadas, las cuales superan la mínima establecida por la Norma ACI y la Norma Paraguaya, que son la siguientes:

Identificación de la Construcción	Probeta N°	Tipo de Elemento Estructural	Asentamiento (cm)	Sección (cm ²)	Carga Total de Rotura (kg)	Resistencia de Rotura a 28 días (kg/cm ²)	Resistencia Media de Rotura (kg/cm ²)
C-1	1	Viga	17	176,715	33800	191,27	189,06
	2				33020	186,85	
C-12	23	Zapata	10	176,715	45000	254,65	253,23
	24				44500	251,82	
C-13	23	Losa	9,5	176,715	39000	220,69	222,11
	24				39500	223,52	
Promedio (kg/cm ²)							221,47
Desviación Estándar (kg/cm ²)							32,09

Tabla 24: Resistencias características más elevadas

Con estos datos seleccionados se realizó un hormigón apuntando a la resistencia características media observada y se llegó a la conclusión que la resistencia Mario Javier Servin.

característica que se tendría que producir es de $f_{ck}=200\text{kg/cm}^2$ y 8 a 10cm de asentamiento utilizando los materiales más representativos que se empleó en obra y que reúna las condiciones de calidad, siguiendo los procedimientos de diseño de mezcla de la Norma ACI-211.1.

A continuación, se describe los pasos a seguir para la dosificación

6.1 Pasos a Seguir Para la Dosificación; Guía de Laboratorio N° 3/H.

Para obtener las proporciones de la mezcla del hormigón que cumpla las características deseadas, con los materiales disponibles, se prepara una primera mezcla de prueba, teniendo como base unas proporciones iniciales que se determinan siguiendo el orden que a continuación se indica:

- 1- Selección del asentamiento*
- 2- Chequeo del tamaño máximo nominal*
- 3.- Estimación del agua de mezcla*
- 4.- Determinación de la resistencia de dosificación*
- 5.- Selección de la relación Agua/Cemento*
- 6.- Cálculo del contenido de cemento y aditivo*
- 7.- Cálculo de la cantidad de cada agregado*
- 8.- Cálculo de proporciones iniciales*
- 9.- Primera mezcla de prueba. Ajuste por humedad de los agregados*

Con los resultados de la primera mezcla se procede a ajustar las proporciones para que cumpla con el asentamiento deseado y el grado de manejabilidad requerido, posteriormente se prepara una segunda mezcla de prueba con las proporciones ajustadas; las propiedades de esta segunda mezcla se comparan con las exigidas y si difieren se reajustan nuevamente. Se prepara una tercera mezcla de prueba que debe cumplir con el asentamiento y la resistencia deseada; en caso que no cumpla alguna de las condiciones por errores cometidos o debido a la aleatoriedad misma de los ensayos, se puede continuar haciendo ajustes semejantes a los indicados hasta obtener los resultados esperados.

Mario Javier Servin.

A continuación, se describe la metodología a seguir en cada paso:

6.1.1 1er Paso: Selección del Asentamiento.

Obtener el asentamiento del tronco de cono de Abrams. Se obtiene de la siguiente tabla.

Tipos de construcción	Asentamiento del cono de Abrams en cm	
	Máximo	Mínimo
Fundaciones, paredes, zapatas armadas, no armadas, cajones y paredes de sellado	7,5	2,5
Pilares, vigas y paredes armadas en edificio	10	2,5
Pavimentos y losas	7,5	2,5
Hormigón masa	7,5	2,5

Tabla 25: Asentamientos recomendados para diversos tipos de construcción.

6.1.2 2do Paso: Tamaño máximo del agregado grueso.

Generalmente, el tamaño máximo del agregado debe ser el máximo posible, mientras que sea coherente con las dimensiones de la estructura.

- El tamaño máximo del agregado grueso no debe superar $1/5$ de la menor dimensión entre caras del encontrado, $1/3$ del espesor de las losas, o $3/4$ del menor espacio libre entre armadura.

6.1.3 Paso 3: Consumo de agua aproximado y cantidad de aire aprisionado

La cantidad de agua requerida por unidad de volumen de hormigón para producir un asentamiento es dependiente del tamaño máximo, de la forma y de la granulometría de los agregados, así como de la cantidad de aire incorporado; no siendo muy afectado por el consumo de cemento del hormigón.

Una vez determinado o especificado el asentamiento del cono de Abrams y el tamaño máximo del agregado grueso se procede a utilizar la

Tabla 26 para obtener el consumo aproximado de agua y la cantidad aproximada de aire aprisionado.

Asentamiento	Consumo de Agua (kg/m ³) para un tamaño máximo de agregado (mm)							
	9,5*	12,5*	19*	25*	38*	50*	75+**	150+**
Concreto sin aire incluido								
2,5 a 5	207	199	190	179	166	154	130	113
7,5 a 10	228	216	205	193	181	169	145	124
15 a 17,5	243	228	216	202	190	178	160	-
Cantidad aproximada de aire en concreto sin aire incluido, por ciento	3	2,5	2	1,5	1	5	0,3	0,2
Concreto con aire incluido								
2,5 a 5	181	175	168	160	150	142	122	107
7,5 a 10	202	193	184	175	165	157	133	199
15 a 17,5	216	205	197	174	174	166	154	-
Promedio recomendado de contenido de aire total, por ciento, según nivel de exposición.								
Exposición ligera	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5#*	1#*
Exposición moderada	6	5,5	5	4,5	4,5	4	3,5#*	3#*
Exposición severa	7,5	7	6	6	5,5	5	4,5#*	4#*

Tabla 26: Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes Asentamientos y tamaños máximos de agregados.

6.1.4 Paso 4: Cálculo de la resistencia media del hormigón.

En el proyecto de estructuras de H⁰ A⁰, se recomienda que el hormigón debe tener una resistencia media a la compresión (fcm), mayor que la resistencia característica (fck) especificada, de modo a minimizar la probabilidad de que existan resistencias menores a fck.

Criterio Americano. La resistencia media del hormigón utilizada puede ser determinada a través de la tabla

Código	Fck de diseño (kg/cm ²)	Fcm de diseño (kg/cm ²)
Modelo	$f_{ck} \leq 500$	$f_{cm} = f_{ck} + 80$
ACI	$f_{ck} < 200$	$f_{cm} = f_{ck} + 7.0$
	$200 \leq f_{ck} \leq 350$	$f_{cm} = f_{ck} + 8.5$
	$f_{ck} > 350$	$f_{cm} = f_{ck} + 100$

Tabla 27: Valores orientativos de la resistencia media en función de la resistencia característica.

6.1.5 Paso 5: Selección de la Relación Agua/Cemento

Considerando que los agregados y cemento producen, generalmente, diferentes resistencias para una misma relación agua/cemento para que los materiales puedan ser efectivamente utilizados. La tabla siguiente nos da una correspondencia entre la relación agua /cemento y la resistencia media a la compresión del hormigón.

Resistencia a la compresión a los 28 días kg/cm ²	Relación agua/cemento en masa	
	Hormigón sin aire incorporado	Hormigón sin aire incorporado
420	0,41	-
350	0,48	0,40
280	0,57	0,48
210	0,68	0,59
140	0,82	0,74

Ilustración 34: Correspondencia entre la relación agua /cemento y la resistencia media a la compresión del hormigón

6.1.6 Paso 6: Consumo de cemento.

El consumo de cemento en kilogramo es igual al cociente del consumo de agua (Paso 3) y la relación agua/cemento (Paso 5).

6.1.7 Paso 7: Consumo de agregado grueso.

La economía de la mezcla puede ser obtenida a través del uso del mayor volumen posible de agregado grueso seco por unidad de volumen del hormigón. Para cierto grado de trabajabilidad, el volumen del agregado grueso por volumen unitario del hormigón es dependiente solamente del tamaño máximo del agregado grueso y del módulo de finura del agregado fino compuesto, este volumen puede ser convertido en peso seco del agregado a través del producto de ese volumen por la masa unitaria del agregado en el estado compactado seco.

Tamaño máximo (mm)	Volumen del agregado grueso (m3) por volumen unitario del hormigón (kg/m3), para distintos módulos de finura del agregado fino			
	2,4	2,6	2,8	3
9,6 (3/8")	0,5	0,48	0,46	0,44
12,7 (1/2")	0,59	0,57	0,55	0,53
19,1 (3/4")	0,66	0,64	0,62	0,6
25,4 (1")	0,71	0,69	0,67	0,65
38,1 (1 1/2")	0,75	0,73	0,71	0,69
50,8 (2")	0,78	0,76	0,74	0,72
76,1 (2 1/2")	0,82	0,8	0,78	0,76

Tabla 28: Volumen del agregado grueso (m3) por volumen unitario del hormigón (kg/m3)

6.1.8 Paso 8: Consumo de Agregado Fino.

Para la determinación del consumo del agregado fino se utilizará el método del volumen absoluto. Para obtener el volumen requerido de agregado fino, el volumen ocupado por los constituyentes hasta ahora (agua, cemento, agregado grueso, aire), debe ser sustraído de la unidad de volumen de hormigón. Ese valor puede ser convertido en peso a través de la multiplicación del volumen obtenido por la densidad seca del material.

$$V_a + V_c + V_{af} + V_{ag} + V_{aire} = 1000\text{ lts.}$$

Mario Javier Servin.

Tabla de resultados de materiales componentes del hormigón.						
Peso (kg) para m de hormigón						
Cemento	Arena	6ta	5ta	4ta	Agua	Aditivo

Tabla 29: Resumen de Dosificación del Hormigón.

6.1.9 Paso 9: Ajuste del agua debido a la humedad de los agregados.

Ajuste del agua debido a la humedad de los agregados

Generalmente el almacenamiento de los agregados es a la intemperie y estos, en la práctica están húmedos. Sin una corrección de la humedad de la relación agua/cemento efectivo podrá ser mayor o menor a aquella seleccionada, así como las masas efectivas de los agregados.

6.1.10 Paso 10: Mezclas experimentales.

Debido a mucho de las hipótesis básicas expresadas anteriormente, la porción real de los materiales que serán usados, necesita ser ajustados y confirmado a través de mezclas experimentales en hormigón de laboratorio, empleando un volumen reducido de hormigón del orden de 15 a 30 litros.

6.2 Desarrollo de la alternativa de dosificación.

El desarrollo y diseño de la alternativa de dosificación se llevó a cabo en las instalaciones del laboratorio de materiales de construcción de la Universidad Nacional de Asunción – FIUNA

6.2.1 Materiales

6.2.2 Agregados

Se usó los siguientes materiales más representativos observadas en las construcciones.

Piedra triturada: Cantera Aguapety

Arena: Arenera Ynambukua

Agua: Red de distribución de agua de la ESSA S.A (agua potable)

A estos agregados se realizaron los siguientes ensayos:

- Granulometría del agregado,
- Peso Específico
- Peso unitario suelto.
- Peso unitario compactado

A continuación, se muestran imágenes de la extracción de piedra tritura y arena





Ilustración 35: Extracción del agregado grueso de la cantera Aguapety para el diseño de la dosificación de solución.



Ilustración 36: Extracción del agregado fino de la Arenera Ynambukua para el diseño de la dosificación de solución

Se obtuvieron los siguientes resultados que se muestran a continuación.

PROCEDENCIA DE LA MUESTRA: Arenera Ynambukua

TIPO DE AGREGADO: Arena

PESO INICIAL DE LA MUESTRA (gr 2500)

TAMICES		Peso retenido del material		Retenido Acumulado %	Pasante %	Especificaciones ASTM C-33	
Normal	mm	Neto (gr)	% del Total			Agr. Fino	Agr. Grueso
1 1/2"	38,1		0,00	0,0	100,0		100
1"	25,4		0,00	0,0	100,0		90-100
3/4"	19,1		0,00	0,0	100,0		40-85
1/2"	12,7		0,00	0,0	100,0		10-40
3/8"	9,6		0,00	0,0	100,0	100	0-15
Nº 4	4,8	21,2	0,85	0,8	99,2	95-100	0-5
Nº 8	2,4	48,30	1,93	2,8	97,2	80-100	
Nº 16	1,2	131,2	5,25	8,0	92,0	50-85	
Nº 30	0,6	906,1	36,24	44,3	55,7	25-60	
Nº 50	0,3	992,4	39,70	84,0	16,0	10-30	
Nº 100	0,15	252,6	10,10	94,1	5,9	2-10	
Fondo (gr)		148,2	5,93	100	0		
Suma de Retenidos (gr)		2500	100				

Modulo de Finura	2,34
Tamaño maximo (Dmax) en mm	2,4
Tamaño minimo (Dmin) en mm	-
Densidad estado seco en estufa (gr/cm3)	2,58
Capacidad de Absorción	-
Peso Unitario Suelto (kg/m3)	1390,8
Peso Unitario Compactado (kg/m3)	1545,9

Tabla 30: Análisis granulométrico y propiedades de la Arena

PROCEDENCIA DE LA MUESTRA: Cantera Aguapety

TIPO DE AGREGADO: Triturada Tipo 6ta

PESO INICIAL DE LA MUESTRA (gr 2500)

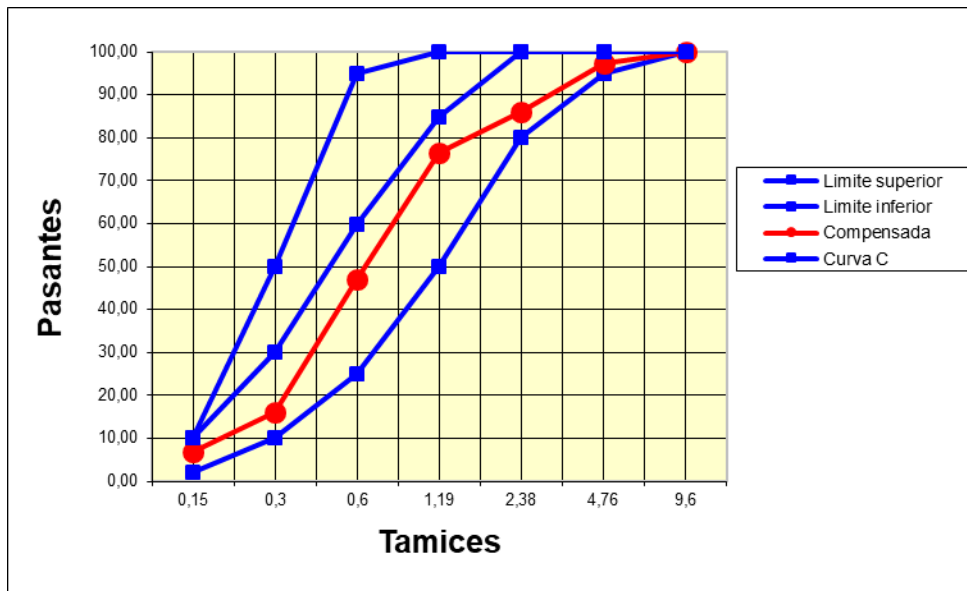
TAMICES		Peso retenido del material		Retenido Acumulado %	Pasante %	Especificaciones ASTM C-33	
Normal	mm	Neto (gr)	% del Total			Agr. Fino	Agr. Grueso
1 1/2"	38,1		0,00	0,0	100,0		100
1"	25,4		0,00	0,0	100,0		90-100
3/4"	19,1		0,00	0,0	100,0		40-85
1/2"	12,7		0,00	0,0	100,0		10-40
3/8"	9,6		0,00	0,0	100,0	100	0-15
Nº 4	4,8	184,7	7,39	7,4	92,6	95-100	0-5
Nº 8	2,4	807,70	32,31	39,7	60,3	80-100	
Nº 16	1,2	500	20,00	59,7	40,3	50-85	
Nº 30	0,6	333	13,32	73,0	27,0	25-60	
Nº 50	0,3	274,3	10,97	84,0	16,0	10-30	
Nº 100	0,15	165,3	6,61	90,6	9,4	2-10	
Fondo (gr)		235	9,40	100	0		
Suma de Retenidos (gr)		2500	100				

Modulo de Finura	3,53
Tamaño maximo (Dmax) en mm	9,6
Tamaño minimo (Dmin) en mm	-
Densidad estado seco en estufa (gr/cm3)	2,7
Capacidad de Absorción	-
Peso Unitario Suelto (kg/m3)	1714
Peso Unitario Compactado (kg/m3)	1860

Tabla 31: Análisis granulométrico y propiedades de la piedra triturada Tipo 6ta

Tamiz	Superior	Inferior	Compensada		Curva C
0,15	10,00	2,00	6,987	93,013	10
0,3	30,00	10,00	16,061	83,939	50
0,6	60,00	25,00	47,148	52,852	95
1,19	85,00	50,00	76,519	23,481	100
2,38	100,00	80,00	86,187	13,813	100
4,76	100,00	95,00	97,222	2,778	100
9,6	100,00	100,00	100,000	0,000	100
				2,699	
	6ta	Arena	5ta		
0,15	9,430	5,940	1,95		
0,3	16,110	16,040	1,95		
0,6	27,100	55,740	1,95		
1,19	40,420	91,990	1,95		
2,38	60,420	97,230	1,95		
4,76	92,700	99,160	8,870		
9,6	100,000	100,000	89,770		
12,7	100,000	100,000	100,000		

Curva de Agregado Fino



$X_6 = 30$ $X_a = 70$

Ilustración 37: Curva granulométrica compensada del agregado fino (piedra triturada tipo 6ta y arena)

Mario Javier Servin.

De la gráfica podemos sacar el porcentaje de aportación del agregado fino para la dosificación, lo cual corresponde a 30% a la piedra triturada tipo 6ta y 70% a la arena.

PROCEDENCIA DE LA MUESTRA: Cantera Aguapety

TIPO DE AGREGADO: Triturada Tipo 5ta

PESO INICIAL DE LA MUESTRA (gr 3000)

TAMICES		Peso retenido del material		Retenido Acumulado %	Pasante %	Especificaciones ASTM C-33	
Normal	mm	Neto (gr)	% del Total			Agr. Fino	Agr. Grueso
1 1/2"	38,1		0,00	0,0	100,0		100
1"	25,4		0,00	0,0	100,0		90-100
3/4"	19,1		0,00	0,0	100,0		40-85
1/2"	12,7		0,00	0,0	100,0		10-40
3/8"	9,6	307	10,23	10,2	89,8	100	0-15
Nº 4	4,8	2427	80,90	91,1	8,9	95-100	0-5
Nº 8	2,4	207,40	6,91	98,0	2,0	80-100	
Nº 16	1,2		0,00	98,0	2,0	50-85	
Nº 30	0,6		0,00	98,0	2,0	25-60	
Nº 50	0,3		0,00	98,0	2,0	10-30	
Nº 100	0,15		0,00	98,0	2,0	2-10	
Fondo (gr)		58,6	1,95	100	0		
Suma de Retenidos (gr)		3000	100				

Modulo de Finura	1,99
Tamaño maximo (Dmax) en mm	12,7
Tamaño minimo (Dmin) en mm	-
Densidad estado seco en estufa (gr/cm3)	2,73
Capacidad de Absorción	-
Peso Unitario Suelto (kg/m3)	1427,5
Peso Unitario Compactado (kg/m3)	1540

Tabla 32: Análisis granulométrico y propiedades de la piedra tritura Tipo 5ta

PROCEDENCIA DE LA MUESTRA: Cantera Aguapety

TIPO DE AGREGADO: Triturada Tipo 4ta

PESO INICIAL DE LA MUESTRA (gr 3000)

TAMICES		Peso retenido del material		Retenido Acumulado %	Pasante %	Especificaciones ASTM C-33	
Normal	mm	Neto (gr)	% del Total			Agr. Fino	Agr. Grueso
1 1/2"	38,1		0,00	0,0	100,0		100
1"	25,4		0,00	0,0	100,0		90-100
3/4"	19,1	669,9	22,33	22,3	77,7		40-85
1/2"	12,7	1679,3	55,98	78,3	21,7		10-40
3/8"	9,6	566	18,87	97,2	2,8	100	0-15
Nº 4	4,8	65	2,17	99,3	0,7	95-100	0-5
Nº 8	2,4		0,00	99,3	0,7	80-100	
Nº 16	1,2		0,00	99,3	0,7	50-85	
Nº 30	0,6		0,00	99,3	0,7	25-60	
Nº 50	0,3		0,00	99,3	0,7	10-30	
Nº 100	0,15		0,00	99,3	0,7	2-10	
Fondo (gr)		19,8	0,66	100	0		
Suma de Retenidos (gr)		3000	100				

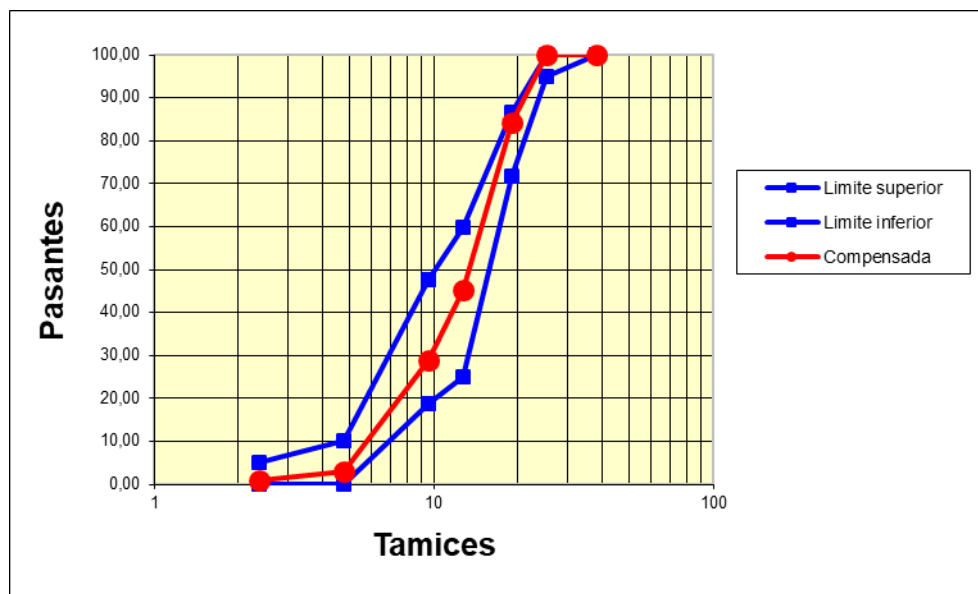
Modulo de Finura	2,18
Tamaño maximo (Dmax) en mm	25,4
Tamaño minimo (Dmin) en mm	-
Densidad estado seco en estufa (gr/cm3)	2,67
Capacidad de Absorción	-
Peso Unitario Suelto (kg/m3)	1525
Peso Unitario Compactado (kg/m3)	1622

Tabla 33: Análisis granulométrico y propiedades de la piedra tritura Tipo 4ta

Tamiz	Superior	Inferior	Compensada
2,38	5,00	0,00	1,047
4,76	10,00	0,00	3,123
9,6	47,50	18,75	28,905
12,7	60,00	25,00	45,183
19,05	86,67	71,67	84,369
25,4	100,00	95,00	100,000
38,1	100,00	100,00	100,000

Tamiz	4ta	5ta
2,38	0,660	1,950
4,76	0,660	8,870
9,6	2,820	89,770
12,7	21,690	100,000
19,05	77,670	100,000
25,4	100,000	100,000
38,1	100,000	100,000

b) Curva de 25,4 mm a 4,76 mm



X4 = 70

X5 = 30

Ilustración 38: Curva granulométrica compensada del agregado grueso (piedra triturada tipo 4ta y 5ta)

Mario Javier Servin.

De la gráfica podemos sacar el porcentaje de aportación del agregado grueso para la dosificación, lo cual corresponde a 70% a la piedra triturada tipo 4ta y 30% a la piedra triturada tipo 5ta..

6.2.3 Cemento

Se usó el cemento Vallemi CP IV-32, la cual predominó más en las obras muestreadas.

Cemento Portland Puzolánico CP IV-32 (50kg)	
Peso Específico (gr/cm ³)	2,99

Tabla 34: Especificaciones del cemento usado

6.2.4 Agua

Se usó “*Agua potable*”, libre de sustancias alcalinas, aceites y materias orgánicas.

Aditivos

Para la realización de la dosificación de prueba no se consideró el empleo de ningún aditivo porque no es común el empleo de dicho producto.

6.2.5 Herramientas

Se usaron las siguientes herramientas.

Herramientas		
Generales	Para medir el Asentamiento	Elaboración de Probetas
-Balde	-Cono de Abrams	-Moldes de plástico
-Cucharon Metálico	-Plancha de Acero	-Martillo de Goma
-Guantes	-Barra de acero liso	-Plancha para enrasar
-Balanza	-Regla centimetrada	

Tabla 35: Herramientas utilizadas en la elaboración de probetas.

6.2.6 Diseño de mezcla de hormigón por la Norma ACI 211.1

1) Asentamiento del tronco de cono: 10cm



Ilustración 39: Ensayo de asentamiento realizado en el laboratorio de la Fuina

2) Tamaño máximo del agregado grueso: 25,4cm

3) Consumo de agua y cantidad de aire aprisionada: 193 kg/m³

% de aire incorporada: 0%

4) Calculo de la resistencia media a la compresión: $f_{cm}=280\text{kg/cm}^2$

Dato necesario

$F_{ck}= 200\text{kg/cm}^2$

5) Relación Agua/cemento: 0,57

6) Consumo de cemento: 339 kg/m³

Mario Javier Servin.

7) Consumo de agregado grueso: 0,68 m³/m³



Ilustración 40: Ensayo para determinar el peso unitario suelto.

A continuación, se muestra el resumen de resultados de los agregados del hormigón para una resistencia característica $f_{ck}=200$ kg/cm.

Material		Densidad seca de los materiales (gr/cm ³)	Peso unitario compactado (kg/m ³)	Peso unitario suelto (kg/m ³)	Modulo de Finura	Porcentaje de Aportación
Agr. Grueso	4ta	2,67	1622	1525	2,18	70%
	5ta	2,73	1540	1427,5	1,99	30%
Agr. Fino	6ta	2,7	1860	1714	3,53	30%
	Arena	2,58	1545	1390	2,33	70%
	Cemento	2,99	-	1520	-	-

Tabla 36: Propiedades y características de los diferentes componentes del hormigón

Tabla de resultados de materiales componentes del Hormigón						
Peso (kg) por 1m3 de hormigón (kg/m3)						
Cemento	Arena	6ta	5ta	4ta	Agua	TOTAL
339	495,59	222,26	314,16	772,07	193	2336,08
Proporción en peso seca de cada material con respecto al cemento						Proporción
1,00	1,46	0,66	0,93	2,28	0,57	1; 2 ; 3; 0,57
1	2,12		3,20		0,57	
Proporción en base al volumen suelto de cada material con respecto al cemento						Proporción
1,00	1,60	0,58	0,99	2,27	0,57	1; 2 ; 3; 0,57
1	2,18		3,26		0,57	
Volumen suelto del material en 1m3						
339	0,35654	0,129673279	0,220077058	0,5062754	193	
339	0,49		0,73		193	

Tabla 37: Resumen de la dosificación para $f_{ck} = 200 \text{ kg/cm}^2$

De la alternativa propuesta para no cambiar las dosificaciones vistas en obra y sean prácticas y adaptables en las construcciones que elaboran hormigón in-situ, se propone la dosificación en volumen de 1 cemento; 2 arena; 3 tritura; y la cantidad de agua aprox. 0.57 (con estas proporciones se alcanzará una resistencia mayor a 200 kg/cm^2 a los 28 días), la cual será mayor a 170 kg/cm^2 especificada en la Norma Paraguaya NP y la Norma ACI 318S-08, como la resistencia mínima



Ilustración 41: Identificación de probetas de hormigón.

6.3 Análisis y comparación de resultados

Luego de realizar los ensayos de resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días, en el Laboratorio de Materiales de Construcción de la Facultad de Ingeniería - FUINA. Se obtuvieron los siguientes resultados y se puede observar la mejora de las resistencias.

RESULTADOS DE ROTURA DE PROBETAS DE HORMIGÓN										
Numero de probeta Nº	Asentamiento (cm)	Fecha		Edad (días)	Sección (cm ²)	Carga (kg)	Presión (kg/cm ²)	Promedio de la resistencia (kg/cm ²)	Resistencia FCK (kg/cm ²)	%
		Moldeo	Rotura							
1	9,5	07-11-19	14-11-19	7	176,71	32200	182,21	182,38	200	91,11%
2	9,5	07-11-19	14-11-19	7	176,71	32260	182,55		200	91,28%
3	9,5	07-11-19	21-11-19	14	176,71	36800	208,25	218,43	200	104,12%
4	9,5	07-11-19	21-11-19	14	176,71	39600	224,09		200	112,05%
5	9,5	07-11-19	21-11-19	14	176,71	39400	222,96		200	111,48%
6	9,5	07-11-19	05-12-19	28	176,71	41000	232,01	249,37	200	116,01%
7	9,5	07-11-19	05-12-19	28	176,71	45800	259,17		200	129,59%
8	9,5	07-11-19	05-12-19	28	176,71	45400	256,91		200	128,46%

Tabla 38: Resultados de ensayos de rotura de hormigón fck=200 kg/cm²

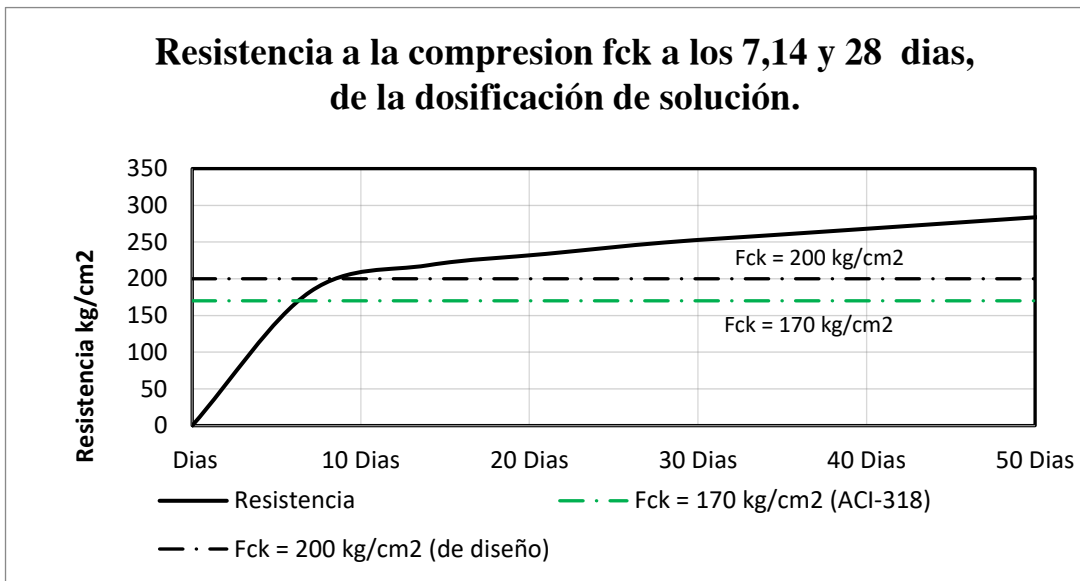


Ilustración 42: Curva de resistencia característica.

Como se puede apreciar hay una mejora significativa de la resistencia característica con la cantidad adecuada de agua. El porcentaje media de la resistencia de rotura con respecto a la resistencia característica de diseño $f_{ck}=200\text{kg/cm}^2$, es de 91,19%, 109,22% y 124,68% a los 7, 14 y 28 días respectivamente

CAPITULO VII

7 EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA

Se realizó una comparación técnica y económica del hormigón empleado de en las construcciones civiles de la ciudad de Coronel Oviedo y el diseño de hormigón propuesto por esta investigación, comparando estos resultados con el hormigón elaborado.

Respecto a la mano de obra al momento de hacer las entrevistas a los maestros de obras, también se les preguntó sobre la conformación de las cuadrillas y los precios que se paga a cada trabajador, con los datos que se obtuvo se halló un promedio de esos precios, para poder utilizarlo en los cálculos del análisis de costos unitarios que se detallara más adelante.

7.1 Organización de la cuadrilla para vaciado de losa

En las obras estudiadas generalmente se vio que las cuadrillas de vaciado de losas, generalmente estaba compuesto por:

- (1) Encargado arreglar el encofrado
- (1) Operador del equipo mezclador (encargado de cargar agua)
- (1) Operador de winche
- (1) Esparcidor de hormigón.
- (1) Encargado de cargar el cemento
- (1) Arreglador de hormigón (encargado de la terminación)
- (2) Encargado del transporte de la cachamba.
- (2) Palero
- (5) -Ayudantes albañiles (encargado de cargar los agregados, cemento y agua; en ocasiones encargados de la colocación del hormigón)
-

7.2 Análisis de costo de las obras estudiadas y de la alternativa de solución.

Se analizó el costo del hormigón con la dosificación (1; 2; 4) usado en las construcciones de Coronel Oviedo y la dosificación propuesta. También, el hormigón elaborado.

La cuantificación del costo de hormigón será por metros cúbicos (m³/gs), el cual se calcula de la siguiente manera

Costo del hormigón colocado= costo de material + costo (maquinaria y personal)

Costo del Hormigón= costo de materiales + costo(maquinaria)

El rendimiento estimado para un trabajador está en el orden de 0.348 (H/m³)

La Trabajosidad (I) se calcula de la siguiente manera

$$T = \frac{\text{Hombres} \times \text{Duración}}{\text{Volumen}} \left(\frac{\text{H-H}}{\text{m}^3} \right)$$

El Rendimiento (R) se calcula de la siguiente manera.

$$R = \frac{1}{T} \left(\frac{\text{H-H}}{\text{m}^3} \right)$$

El rendimiento se calculó, viendo el tiempo que se demoraban en realizar el vaciado y calculando el volumen de hormigón que se realizó, esto se hizo para varias obras estudiadas.

7.3 Análisis de costo de la alternativa de solución

Esta alternativa de solución corresponde a los siguientes agregados de la tabla, si convertimos estos valores en proporción volumétrica correspondería a una dosificación aproximada de 1 : 2 : 3:

Peso (kg) por 1m3 de hormigón (kg/m3)					
Cemento	Arena	6ta	5ta	4ta	Agua
339	495,59	222,26	314,16	772,07	193
Proporción en base al volumen suelto de cada material con respecto al cemento					
1,00	1,60	0,58	0,99	2,27	0,57
1	2,18		3,26		0,57

7.3.1 Análisis de Costo de la Dosificación Planteada

En la siguiente tabla se muestra el análisis de costo de la dosificación planteada

Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio Unitario (gs)	Parcial
Mano de Obra					394667
Maestro de obra		1	0,27	120000	32000
Oficial		3	0,80	120000	96000
Operador		3	0,80	100000	80000
Ayudantes		7	1,87	100000	186666,667
Materiales					471860
Cemento	bol		6,78	50000	339000
Arena	m3		0,356	85000	30260
Piedra triturada 6ta	m3		0,129	120000	15480
Piedra triturada 5ta	m3		0,22	120000	26400
Piedra triturada 4ta	m3		0,506	120000	60720
TOTAL					866527

Tabla 39: Análisis de costo de la dosificación planteada.

El costo del hormigón de la dosificación planteada es igual a 866.527 Gs/m3

7.3.2 Análisis de Costo de la Dosificación más usada en la Ciudad de Coronel Oviedo.

De las encuestas realizadas se pudo recabar la información que la dosificación más usada en la construcción es de 1; 2; 4, que corresponde el siguiente análisis.

Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio Unitario (gs)	Parcial
Mano de Obra					394666,667
Maestro de obra		1	0,26666667	120000	32000
Oficial		3	0,8	120000	96000
Operador		3	0,8	100000	80000
Ayudantes		7	1,86666667	100000	186666,667
Materiales					392000
Cemento	bol		5	50000	250000
Arena	m3		0,4	85000	34000
Piedra Triturada	m3		0,9	120000	108000
					0
					0
TOTAL					786666

Tabla 40: Análisis de costo de la dosificación más usada en la ciudad de Coronel Oviedo.

El costo del hormigón de la dosificación más usada en las construcciones de la ciudad de Coronel Oviedo es igual a 786.666 Gs/m3

7.3.3 Análisis de Costo del Hormigón Elaborado

La empresa FC Construcciones de la Ciudad de Juan Eulogio Estigarribia (Ex Campo 9), cotiza el hormigón para la ciudad de Coronel Oviedo a 950.000 Gs/m³. Este precio comprende elaboración, transporte, bombeo, toma de muestra y rotura en laboratorio.

Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio Unitario (gs)	Parcial
Mano de Obra					42000
Maestro de obra	-	1	0,1	120000	12000
Ayudante	-	3	0,3	100000	30000
Materiales					950000
Hormigon Elaborado	m ³		1	950000	950000
					0
					0
					0
					0
TOTAL					992000

Tabla 41: Análisis de costo del hormigón elaborado.

El costo del hormigón elaborado para la ciudad de Coronel Oviedo es igual a 920.000 Gs/m³

CAPITULO VIII

8 Conclusiones y recomendaciones:

Se desarrolla las conclusiones y las recomendaciones generales de la presente tesis basados en los resultados obtenidos, así como las futuras líneas de investigación.

8.1 Conclusiones

1. La baja calidad del hormigón empleado en las construcciones de Coronel Oviedo se debe a los siguientes factores; empleo de dosificación deficiente, uso de alto contenido de agua, personal no calificado para la elaboración y supervisión de los trabajos de control.
2. El Hormigón producida in situ (hormigón emperico) de las obras de la ciudad de Coronel Oviedo en el Departamento de Caaguazú, no cumple con las especificaciones técnicas mínimas requeridas en la normativa ACI-318S-08 y la Norma Paraguaya de hormigón elaborado, puesto que los resultados de los ensayos de resistencia a compresión así lo demuestran en el presente estudio, donde el 76,92% (10/13 obras) de las obras civiles en ejecución no superan la resistencia mínima de 170 kg/cm².
3. La resistencia a la compresión promedio del hormigón (Fck) a los 28 días de edad, para los elementos estructurales estudiadas en la ciudad Coronel Oviedo alcanzaron 126.65 kg/cm² respectivamente.
4. El asentamiento promedio de las construcciones estudiadas es de 15.69cm que es fluida y que tiene como consecuencia directa la disminución de la resistencia.

5. La dosificación utilizada es en volumen, en proporciones respecto al cemento, en donde la mayoría de los casos se utiliza la siguiente dosificación. 1 cemento; 2 arena; 4 triturada.
6. Las dosificaciones son empíricas a simple observación de la mezcla y su consistencia, transmitidas por generaciones a los maestros de obras carecen de fundamento técnico.
7. La mayoría de los maestros de obras afirma que la cantidad de agua en la mezcla de hormigón disminuye o afecta a la resistencia, sin embargo; no toman acción frente a esto ya que desconocen la cantidad de agua necesaria, es decir, la relación agua/cemento es muy elevada, lo cual desfavorece la resistencia.
8. Uno de las causas principales de la baja calidad de los hormigones producidos in-situ en obra, es el poco control técnico de los mismos, y no se cuenta con profesionales capacitados para hacer el control, es decir, no se controla la calidad del hormigón en la mayoría de las obras visitadas y estudiadas en Coronel Oviedo.
9. Al lograrse el hormigón $F_{ck}=200\text{kg/cm}^2$ en laboratorio, ese el hormigón propuesto y dosificado en peso y volumen para su control de calidad y los ensayos requeridos necesitan ser realizados bajo personal capacitado y control profesional.

8.2 Recomendaciones

1. Las instituciones como la Gobernación, Municipalidad e Universidades deben ofrecer capacitaciones a los maestros de obras y sus trabajadores en la elaboración del hormigón que cumplan con las especificaciones de un hormigón de buena calidad.
2. Instar a la Gobernación y la Municipalidad de generar convenios con la Universidad para crear programas en conjuntos que permitan el control de calidad y regulaciones necesarias para la ejecución eficiente en construcciones.
3. Se recomienda el uso de la alternativa de dosificación planteada (Dosificación 1:2:3) para la elaboración del hormigón in-situ.
4. Se recomienda el uso de aditivos (plastificante o super fluidificante) para disminuir el agua en la mezcla.
5. El contratista debe controlar los procesos de dosificación de los materiales y de elaboración de los hormigones antes, durante y después de la obra.
6. Se recomienda continuar con la investigación en cuanto a las alternativas de solución, variando las proporciones de los materiales e incorporando el uso de aditivo para la dosificación más usada.
7. Otro aspecto importante en la construcción es la seguridad y según lo observado en obra, se recomienda que los trabajadores usen “equipos de protección” y eviten cometer acciones negligentes que deriven en un accidente grave o en el peor de los casos la pérdida de vida.
8. Los propietarios deben preocuparse por exigir que en las etapas de diseño y construcción estén acompañados por profesionales capacitados en el área.

Mario Javier Servin.



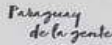
9 Bibliografía

- [1] DGEEC, « Dirección General de Estadísticas Encuestas y Censos,» 2017. [En línea]. Available: <http://www.dgeec.gov.py/Publicaciones/Biblioteca/proyeccion%20nacional/Proyeccion%20Distrital.pdf>.
- [2] O. Bieber Alonso, E. Bieber Alonso, A. Acosta Casal, F. Deleno Flores y R. A. Rojas Holden, "MANUAL DE MATERIALES DE OBRAS CIVILES" Tomo I - volomen II, Asunción - Paraguay: EDITORIAL LITOCOLOR SRL, 2011.
- [3] C. A. 3. -. R. E. p. Edificaciones, Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-08), FARMINGTON HILLS, MICHIGAN 48333-9094. EE.UU, 2008.
- [4] F. d. I. -. FUINA, «Guía de Laboratorio de Materiales de Construcción,» San Lorenzo, 2009.
- [5] Á. García Meseguer, F. Morán Cabré y J. C. Arroyo Portero, Jiménez Montoya - Hormigón Armado, Barcelona, España: Editorial Gustavo Gili, SL, 2008.
- [6] C. d. I. d. I. R. N. d. S. p. O. Civiles., REGLAMENTO ARGENTINO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN, Buenos Aires-Argentina: INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial), 2005.
- [7] N. y. M. (. Instituto Nacional de Tecnología, Norma Paraguaya NP 17 058 08 - HORMIGON ELABORADO. Especificaciones, transporte, colocación, compactación y curado, Asuncion, Paraguay, 2008.
- [8] N. y. M. (. Instituto Nacional de Tecnología, «Norma Paraguaya NP 17 044 80 - Especificaciones de Cemento,» Asunción, 2000.

10 ANEXO

Anexo A: Planilla de Control de Calidad del Agua de la Planta de Tratamiento
Tebicuary-mi

Tabla 42: Resultado de los ensayos físico - químico bacteriológico.

26.1 - CENTRO Y RED DE DISTRIBUCIÓN

26.1.1 - ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS

MES DE JUNIO/2019

PARAMETROS	EXPRESADO COMO:	M1	M2	M3	M4	M5
pH	UpH	7.2	7.2	7.2	7.2	7.3
Turbiedad	NTU	0.3	1.6	0.5	0.3	0.2
Color	Esc. Pt - Co (UCA)	3	5	3	3	3
Sabor	Aceptable	A	A	A	A	A
Alcalinidad Total	mg/l CaCO ₃	23	22	23	22	21
Conductividad	µS/cm	74.9	75.5	75.3	79.0	74.7
Sólidos Totales Disueltos	mg/l STD	37	37	37	39	37
Aluminio	mg/l Al	0.028	0.024	0.026	0.060	0.068
Calcio	mg/l Ca	9.2	10	10	10.4	9.5
Magnesio	mg/l Mg	1.3	1.1	1.0	0.9	1.0
Dureza Total	mg/l CaCO ₃	28.8	29.4	29.1	29.9	27.9
Cloruro	mg/l Cl ⁻	3.1	3.1	3.8	3.8	4.7
Sulfato	mg/l SO ₄ ²⁻	5.79	4.96	5.14	11.04	10.20
Sílice	mg/l SiO ₂	18.99	19.20	18.94	14.20	14.40
Nitrógeno Amoniacal	mg/l N- NH ₃	0.022	0.018	0.020	0.014	0.018
Nitrito	mg/l NO ₂ ⁻	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
Nitrato	mg/l NO ₃ ⁻	2.02	2.09	1.68	0.86	0.84
Hierro	mg/l Fe	0.044	0.022	0.020	0.022	0.024
Sodio	mg/l Na	2.60	6.02	6.04	6.60	6.04
Potasio	mg/l K	4.68	1.10	1.02	1.00	1.06
Cromo	mg/l Cr ⁺⁶	ND	ND	ND	ND	ND
Manganeso	mg/l Mn	ND	ND	ND	ND	ND
Cinc	mg/l Zn	ND	ND	ND	ND	ND
Cobre	mg/l Cu	ND	ND	ND	ND	ND
Plomo	mg/l Pb	ND	ND	ND	ND	ND
Cadmio	mg/l Cd	ND	ND	ND	ND	ND
Mercurio Total	mg/l Hg	ND	ND	ND	ND	ND
Arsénico	mg/l As	ND	ND	ND	ND	ND
Selenio	mg/l Se	ND	ND	ND	ND	ND
Detergentes sintéticos	mg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Grasas y Aceite e Hidrocarburos	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND
Cloro Libre Residual	mg/l Cl	1.6	0.8	1.0	0.8	0.8
Temperatura	°C	21	21	21	20	21

ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS

ORGANISMO	EXPRESADO COMO	M1	M2	M3	M4	M5
Bacterias Coliformes Totales	UFC/100 ml	0	0	0	0	0
Bacterias Coliformes Fecales	UFC/100 ml	0	0	0	0	0

Puntos de muestreos	Dirección
M1: Agua Potabilizada	Coronel Oviedo
M2: Reservorio	Coronel Oviedo
M3: Hospital Distrital	Coronel Oviedo
M4: Plaza Héroes del 70	Avda. Defensores del Chaco
M5: Ande	Coronel Oviedo

Ref:
 UCA: Unidad de Color Aparente
 NTU: Unidad Nefelométrica de Turbiedad
 Esc. Pt-Co: Escala Platino Cobalto
 ND: No Detecta

µS/cm: Micro siemens por centimetro
 UFC/100 ml= Unidad Formadora de Colonias en 100 ml.
 A: Aceptable

Mario Javier Servin.

Formato de Encuesta

RESPONSABLE: Mario Javier Servin Gonzalez.

NOMBRE DEL PREYECTO DE TESIS: Estudio de la Calidad del Hormigón Utilizado en Construcciones Civiles de la Ciudad de Coronel Oviedo.

1) INFORMACIÓN GENERAL DE LA CONSTRUCCIÓN

Nombre de la obra Construcción de Vivienda unifamiliar
 Dirección Eduviguis Estigarribia c/ Ñeembucú - Barrio General Diaz
 Fecha de visita. 06/06/2019
 Responsable de la obra : _____ Anónimo

1.1. Categoría

Arquitecto Maestro de obra **Conocimiento** Formación técnica
 Ingeniero Civil Operario **Adquirido** Empírico

1.2. Modalidad

Construcción nueva
 Ampliación

1.3. Elemento Evaluado

Viga Columna Zapata
 Losa Cimiento Escalera

¿Conoce la resistencia característica que alcanzará el hormigón con la dosificación empleada? SI No
 ¿Conoce la importancia de la relación A/C como principal responsable de la adquisición de la resistencia? SI No
 Resistencia Especificada: _____ kg/cm2 No se especifica

2) CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

Agr. Fino Lugar de extracción : Rio Tebicuary
Agr. Grueso Lugar de extracción : Cantera Aguapety Tipo: 5ta
Cemento Marca : Vallemi CP IV-32
Agua Lugar de extracción : Red de distribución de la ESSAP
Aditivo Marca : Sin Aditivos Tipo: -

3) CARACTERISITICAS DEL CONCRETO

3.1. Tipo de Mezclado

Manual Mezcladora Hormigón Elaborado en
 pie de obra

3.2. Dosificaciones

Agregados	Medidas Obra (proporción)		Medidas Vol.		Datos del recipiente
Cemento	1	balde	-	cm3	Volumen: 10 (litros)
Agr. Fino	2	balde	-	cm3	
Agr. Grueso	2	balde	-	cm3	
Agua	-	balde	-	L/balde	

Relación A/C usada ---
 Asentamiento 17 cm

4) Resultados

4.1. Probetas curadas según Norma

Resistencia a la compresión
 Probeta Nº 1 191,27 kg/cm2
 Probeta Nº 2 186,85 kg/cm2

Ilustración 43: Encuesta de la Construcción C-1

Formato de Encuesta

RESPONSABLE: Mario Javier Servin Gonzalez.

NOMBRE DEL PREYECTO DE TESIS: Estudio de la Calidad del Hormigón Utilizado en Construcciones Civiles de la Ciudad de Coronel Oviedo.

1) INFORMACIÓN GENERAL DE LA CONSTRUCCIÓN

Nombre de la obra Construcción de Vivienda unifamiliar
 Dirección Antonio Vera Centurión e/ Ytororo y Pancha Garmendia
 Fecha de visita. 07/06/2019
 Responsable de la obra : _____ Anónimo

1.1. Categoría

Arquitecto Maestro de obra **Conocimiento** Formación técnica
 Ingeniero Civil Operario **Adquirido** Empírico

1.2. Modalidad

Construcción nueva
 Ampliación

1.3. Elemento Evaluado

Viga Columna Zapata
 Losa Cimiento Escalera

¿Conoce la resistencia característica que alcanzará el hormigón con la dosificación empleada? SI No

¿Conoce la importancia de la relación A/C como principal responsable de la adquisición de la resistencia? SI No

Resistencia Especificada: _____ kg/cm² No se especifica

2) CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

Agr. Fino Lugar de extracción : Rio Tebicuary
Agr. Grueso Lugar de extracción : Cantera Aguapety Tipo: 5ta
Cemento Marca : Vallemi CP IV-32
Agua Lugar de extracción : Red de distribución de la ESSAP
Aditivo Marca : Sin Aditivos Tipo: -

3) CARACTERISITICAS DEL CONCRETO

3.1. Tipo de Mezclado

Manual Mezcladora Hormigón Elaborado en pie de obra

3.2. Dosificaciones

Agregados	Medidas Obra (proporción)		Medidas Vol.		Datos del recipiente
Cemento	1	balde	-	cm ³	Volumen: 10 (litros)
Agr. Fino	2	balde	-	cm ³	
Agr. Grueso	4	balde	-	cm ³	
Agua	-	balde	-	L/balde	

Relación A/C usada ---
 Asentamiento 16 cm

4) Resultados

4.1. Probetas curadas según Norma

Resistencia a la compresión
 Probeta Nº 1 88,28 kg/cm²
 Probeta Nº 2 89,01 kg/cm²

Ilustración 44: : Encuesta de la Construcción C-2

Formato de Encuesta

RESPONSABLE: Mario Javier Servin Gonzalez.

NOMBRE DEL PREYECTO DE TESIS: Estudio de la Calidad del Hormigón Utilizado en Construcciones Civiles de la Ciudad de Coronel Oviedo.

1) INFORMACIÓN GENERAL DE LA CONSTRUCCIÓN

Nombre de la obra Ampliación del 3er piso, (consultorio odontologico)
 Dirección Calle Ytororo e/ Jaime San Just y Tacuary
 Fecha de visita. 08/06/2019
 Responsable de la obra : _____ Anónimo

1.1. Categoría

Arquitecto Maestro de obra **Conocimiento** Formación técnica
 Ingeniero Civil Operario **Adquirido** Empírico

1.2. Modalidad

Construcción nueva

Ampliación

1.3. Elemento Evaluado

Viga Columna Zapata
 Losa Cimiento Escalera

¿Conoce la resistencia característica que alcanzará el hormigón con la dosificación empleada? SI No

¿Conoce la importancia de la relación A/C como principal responsable de la adquisición de la resistencia?

Resistencia Especificada: _____ kg/cm2 No se especifica

2) CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

Agr. Fino Lugar de extracción : Rio Tebicuary
Agr. Grueso Lugar de extracción : Cantera Aguapety Tipo: 5ta
Cemento Marca : Vallemi CP IV-32
Agua Lugar de extracción : Red de distribución de la ESSAP
Aditivo Marca : Sin Aditivos Tipo: -

3) CARACTERISITICAS DEL CONCRETO

3.1. Tipo de Mezclado

Manual Mezcladora Hormigón Elaborado en pie de obra

3.2. Dosificaciones

Agregados	Medidas Obra (proporción)	Medidas Vol.	Datos del recipiente
Cemento	1 balde	- cm3	Volumen: 10 (litros)
Agr. Fino	1,5 balde	- cm3	
Agr. Grueso	2 balde	- cm3	
Agua	- balde	- L/balde	

Relación A/C usada ---
 Asentamiento 15 cm

4) Resultados

4.1. Probetas curadas según Norma

Resistencia a la compresión
 Probeta N° 1 100,05 kg/cm2
 Probeta N° 2 87,54 kg/cm2

Ilustración 45.: Encuesta de la Construcción C-3

Formato de Encuesta

RESPONSABLE: Mario Javier Servin Gonzalez.

NOMBRE DEL PREYECTO DE TESIS: Estudio de la Calidad del Hormigón Utilizado en Construcciones Civiles de la Ciudad de Coronel Oviedo.

1) INFORMACIÓN GENERAL DE LA CONSTRUCCIÓN

Nombre de la obra Salon comercial y Vivienda unifamiliar (de dos plantas)
 Dirección Jaime San Just e/ Carlos A. Lopez y Pedro Juan Caballero.
 Fecha de visita. 10/06/2019
 Responsable de la obra : _____ Anónimo

1.1. Categoría

Arquitecto Maestro de obra **Conocimiento** Formación técnica
 Ingeniero Civil Operario **Adquirido** Empírico

1.2. Modalidad

Construcción nueva
 Ampliación

1.3. Elemento Evaluado

Viga Columna Zapata
 Losa Cimiento Escalera

¿Conoce la resistencia característica que alcanzará el hormigón con la dosificación empleada? SI No

¿Conoce la importancia de la relación A/C como principal responsable de la adquisición de la resistencia?

Resistencia Especificada: 200 kg/cm² No se especifica

2) CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

Agr. Fino Lugar de extracción : Rio Tebicuary
Agr. Grueso Lugar de extracción : Cantera Aguapety Tipo: 5ta
Cemento Marca : Vallemi CP IV-32
Agua Lugar de extracción : Red de distribución de la ESSAP
Aditivo Marca : Sin Aditivos Tipo: -

3) CARACTERISITICAS DEL CONCRETO

3.1. Tipo de Mezclado

Manual Mezcladora Hormigón Elaborado en
 pie de obra

3.2. Dosificaciones

Agregados	Medidas Obra (proporción)		Medidas Vol.		Datos del recipiente
Cemento	1,5	balde	-	cm ³	Volumen: 10 (litros)
Agr. Fino	3	balde	-	cm ³	
Agr. Grueso	4	balde	-	cm ³	
Agua	-	balde	-	L/balde	

Relación A/C usada ---
 Asentamiento 15,5 cm

4) Resultados

4.1. Probetas curadas según Norma

Resistencia a la compresión
 Probeta Nº 1 169,2 kg/cm²
 Probeta Nº 2 147,13 kg/cm²

Ilustración 46: Encuesta de la Construcción C-4

Mario Javier Servin.

Formato de Encuesta

RESPONSABLE: Mario Javier Servin Gonzalez.

NOMBRE DEL PREYECTO DE TESIS: Estudio de la Calidad del Hormigón Utilizado en Construcciones Civiles de la Ciudad de Coronel Oviedo.

1) INFORMACIÓN GENERAL DE LA CONSTRUCCIÓN

Nombre de la obra Vivienda Unifamiliar
 Dirección Domingo Montanaro c/ Juan E. Oleary
 Fecha de visita. 11/06/2019
 Responsable de la obra : _____ Anónimo

1.1. Categoría

Arquitecto Maestro de obra **Conocimiento** Formación técnica
 Ingeniero Civil Operario **Adquirido** Empírico

1.2. Modalidad

Construcción nueva
 Ampliación

1.3. Elemento Evaluado

Viga Columna Zapata
 Losa Cimiento Escalera

¿Conoce la resistencia característica que alcanzará el hormigón con la dosificación empleada? SI No

¿Conoce la importancia de la relación A/C como principal responsable de la adquisición de la resistencia?

Resistencia Especificada: _____ kg/cm2 No se especifica

2) CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

Agr. Fino Lugar de extracción : Rio Tebicuary
Agr. Grueso Lugar de extracción : Cantera Aguapety Tipo: 4ta
Cemento Marca : Vallemi CP IV-32
Agua Lugar de extracción : Red de distribución de la ESSAP
Aditivo Marca : Sin Aditivos Tipo: -

3) CARACTERISITICAS DEL CONCRETO

3.1. Tipo de Mezclado

Manual Mezcladora Hormigón Elaborado en pie de obra

3.2. Dosificaciones

Agregados	Medidas Obra (proporción)		Medidas Vol.		Datos del recipiente
Cemento	1	balde	-	cm3	Volumen: 10 (litros)
Agr. Fino	3,5	balde	-	cm3	
Agr. Grueso	4	balde	-	cm3	
Agua	-	balde	-	L/balde	

Relación A/C usada ---
 Asentamiento 15 cm

4) Resultados

4.1. Probetas curadas según Norma

Resistencia a la compresión
 Probeta Nº 1 73,56 kg/cm2
 Probeta Nº 2 77,98 kg/cm2

Ilustración 47: Encuesta de la Construcción C-5

Formato de Encuesta

RESPONSABLE: Mario Javier Servin Gonzalez.

NOMBRE DEL PREYECTO DE TESIS: Estudio de la Calidad del Hormigón Utilizado en Construcciones Civiles de la Ciudad de Coronel Oviedo.

1) INFORMACIÓN GENERAL DE LA CONSTRUCCIÓN

Nombre de la obra Salon Comercial
 Dirección Jaime San Just c/ Carlos A. López
 Fecha de visita. 12/06/2019
 Responsable de la obra : _____ Anónimo

1.1. Categoría

Arquitecto Maestro de obra **Conocimiento** Formación técnica
 Ingeniero Civil Operario **Adquirido** Empírico

1.2. Modalidad

Construcción nueva
 Ampliación

1.3. Elemento Evaluado

Viga Columna Zapata
 Losa Cimiento Escalera

¿Conoce la resistencia característica que alcanzará el hormigón con la dosificación empleada? SI No

¿Conoce la importancia de la relación A/C como principal responsable de la adquisición de la resistencia?

Resistencia Especificada: _____ kg/cm2 No se especifica

2) CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

Agr. Fino Lugar de extracción : Rio Tebicuary
Agr. Grueso Lugar de extracción : Cantera Aguapety Tipo: 5ta
Cemento Marca : Vallemi CP IV-32
Agua Lugar de extracción : Red de distribución de la ESSAP
Aditivo Marca : Sin Aditivos Tipo: -

3) CARACTERISITICAS DEL CONCRETO

3.1. Tipo de Mezclado

Manual Mezcladora Hormigón Elaborado en
 pie de obra

3.2. Dosificaciones

Agregados	Medidas Obra (proporción)		Medidas Vol.		Datos del recipiente
Cemento	1	balde	-	cm3	Volumen: 10 (litros)
Agr. Fino	2	balde	-	cm3	
Agr. Grueso	3,5	balde	-	cm3	
Agua	-	balde	-	L/balde	

Relación A/C usada ---
 Asentamiento 14 cm

4) Resultados

4.1. Probetas curadas según Norma

Resistencia a la compresión Probeta Nº 1 146,39 kg/cm2
 Probeta Nº 2 167,73 kg/cm2

Ilustración 48: Encuesta de la Construcción C-6

Formato de Encuesta

RESPONSABLE: Mario Javier Servin Gonzalez.

NOMBRE DEL PREYECTO DE TESIS: Estudio de la Calidad del Hormigón Utilizado en Construcciones Civiles de la Ciudad de Coronel Oviedo.

1) INFORMACIÓN GENERAL DE LA CONSTRUCCIÓN

Nombre de la obra Vivienda Unifamiliar y Salon Comercial
 Dirección Pdte. Stroessner c/ Tte Rojas Silva
 Fecha de visita. 13/06/2019
 Responsable de la obra : _____ Anónimo

1.1. Categoría

Arquitecto Maestro de obra **Conocimiento** Formación técnica
 Ingeniero Civil Operario **Adquirido** Empírico

1.2. Modalidad

Construcción nueva
 Ampliación

1.3. Elemento Evaluado

Viga Columna Zapata
 Losa Cimiento Escalera

¿Conoce la resistencia característica que alcanzará el hormigón con la dosificación empleada? SI No

¿Conoce la importancia de la relación A/C como principal responsable de la adquisición de la resistencia?

Resistencia Especificada: _____ kg/cm² No se especifica

2) CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

Agr. Fino Lugar de extracción : Rio Tebicuary
Agr. Grueso Lugar de extracción : Cantera Aguapety Tipo: 4ta
Cemento Marca : Vallemi CP IV-32
Agua Lugar de extracción : Red de distribución de la ESSAP
Aditivo Marca : Sin Aditivos Tipo: -

3) CARACTERISITICAS DEL CONCRETO

3.1. Tipo de Mezclado

Manual Mezcladora Hormigón Elaborado en
 pie de obra

3.2. Dosificaciones

Agregados	Medidas Obra (proporción)		Medidas Vol.		Datos del recipiente
Cemento	1	balde	-	cm3	Volumen: 10 (litros)
Agr. Fino	3	balde	-	cm3	
Agr. Grueso	4	baide	-	cm3	
Agua	-	balde	-	L/balde	

Relación A/C usada ---
 Asentamiento 19 cm

4) Resultados

4.1. Probetas curadas según Norma

Resistencia a la compresión
 Probeta Nº 1 88,28 kg/cm²
 Probeta Nº 2 86,81 kg/cm²

Ilustración 49: Encuesta de la Construcción C-7

Formato de Encuesta

RESPONSABLE: Mario Javier Servin Gonzalez.

NOMBRE DEL PREYECTO DE TESIS: Estudio de la Calidad del Hormigón Utilizado en Construcciones Civiles de la Ciudad de Coronel Oviedo.

1) INFORMACIÓN GENERAL DE LA CONSTRUCCIÓN

Nombre de la obra Santuario Evangelico
 Dirección Gral. Patricio Escobar e/ Ruta 8 Dr. Blas Garay y Silvio Petirrossi
 Fecha de visita. 13/06/2019
 Responsable de la obra :Hector Paredes Anónimo

1.1. Categoría

Arquitecto Maestro de obra **Conocimiento** Formación técnica
 Ingeniero Civil Operario **Adquirido** Empírico

1.2. Modalidad

Construcción nueva
 Ampliación

1.3. Elemento Evaluado

Viga Columna Zapata
 Losa Cimiento Escalera

¿Conoce la resistencia característica que alcanzará el hormigón con la dosificación empleada? SI No
 ¿Conoce la importancia de la relación A/C como principal responsable de la adquisición de la resistencia? SI No

Resistencia Especificada: _____ kg/cm² No se especifica

2) CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

Agr. Fino Lugar de extracción : Rio Tebicuary
Agr. Grueso Lugar de extracción : Cantera Aguapety Tipo: 4ta
Cemento Marca : Vallemi CP IV-32
Agua Lugar de extracción : Red de distribución de la ESSAP
Aditivo Marca : Sin Aditivos Tipo: -

3) CARACTERISITICAS DEL CONCRETO

3.1. Tipo de Mezclado

Manual Mezcladora Hormigón Elaborado en pie de obra

3.2. Dosificaciones

Agregados	Medidas Obra (proporción)		Medidas Vol.		Datos del recipiente
Cemento	1	balde	-	cm ³	Volumen: 10 (litros)
Agr. Fino	3	balde	-	cm ³	
Agr. Grueso	4	balde	-	cm ³	
Agua	-	balde	-	L/balde	

Relación A/C usada ---
 Asentamiento 17 cm

4) Resultados

4.1. Probetas curadas según Norma

Resistencia a la compresión
 Probeta N° 1 60,32 kg/cm²
 Probeta N° 2 58,12 kg/cm²

Ilustración 50: Encuesta de la Construcción C-8

Formato de Encuesta

RESPONSABLE: Mario Javier Servin Gonzalez.

NOMBRE DEL PREYECTO DE TESIS: Estudio de la Calidad del Hormigón Utilizado en Construcciones Civiles de la Ciudad de Coronel Oviedo.

1) INFORMACIÓN GENERAL DE LA CONSTRUCCIÓN

Nombre de la obra Complejo de alquileres
 Dirección Guaira c/ Pancha Garmendia
 Fecha de visita. 14/06/2019
 Responsable de la obra _____ Anónimo

1.1. Categoría

Arquitecto Maestro de obra **Conocimiento** Formación técnica
 Ingeniero Civil Operario **Adquirido** Empírico

1.2. Modalidad

Construcción nueva
 Ampliación

1.3. Elemento Evaluado

Viga Columna Zapata
 Losa Cimiento Escalera

¿Conoce la resistencia característica que alcanzará el hormigón con la dosificación empleada? SI No

¿Conoce la importancia de la relación A/C como principal responsable de la adquisición de la resistencia?

Resistencia Especificada: _____ kg/cm2 No se especifica

2) CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

Agr. Fino Lugar de extracción : Río Tebicuary
Agr. Grueso Lugar de extracción : Cantera Aguapety Tipo: 5ta
Cemento Marca : Vallemi CP IV-32
Agua Lugar de extracción : Red de distribución de la ESSAP
Aditivo Marca : Sin Aditivos Tipo: -

3) CARACTERISITICAS DEL CONCRETO

3.1. Tipo de Mezclado

Manual Mezcladora Hormigón Elaborado en
 pie de obra

3.2. Dosificaciones

Agregados	Medidas Obra (proporción)		Medidas Vol.		Datos del recipiente
Cemento	1	balde	-	cm3	Volumen: 10 (litros)
Agr. Fino	2	balde	-	cm3	
Agr. Grueso	3	balde	-	cm3	
Agua	-	balde	-	L/balde	

Relación A/C usada ---
 Asentamiento 16 cm

4) Resultados

4.1. Probetas curadas según Norma

Resistencia a la compresión
 Probeta Nº 1 72,09 kg/cm2
 Probeta Nº 2 66,21 kg/cm2

Ilustración 51: Encuesta de la Construcción C-9

Formato de Encuesta

RESPONSABLE: Mario Javier Servin Gonzalez.

NOMBRE DEL PREYECTO DE TESIS: Estudio de la Calidad del Hormigón Utilizado en Construcciones Civiles de la Ciudad de Coronel Oviedo.

1) INFORMACIÓN GENERAL DE LA CONSTRUCCIÓN

Nombre de la obra Salon comercial - Vivienda unifamiliar
 Dirección Padre Molas c/ Gral. Patricio Escobar
 Fecha de visita. 21/06/2019
 Responsable de la obra _____ Anónimo

1.1. Categoría

Arquitecto Maestro de obra **Conocimiento** Formación técnica
 Ingeniero Civil Operario **Adquirido** Empírico

1.2. Modalidad

Construcción nueva

Ampliación

1.3. Elemento Evaluado

Viga Columna Zapata
 Losa Cimiento Escalera

¿Conoce la resistencia característica que alcanzará el hormigón con la dosificación empleada? SI No
 ¿Conoce la importancia de la relación A/C como principal responsable de la adquisición de la resistencia? SI No

Resistencia Especificada: _____ kg/cm² No se especifica

2) CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

Agr. Fino Lugar de extracción : Rio Tebicuary
Agr. Grueso Lugar de extracción : Cantera Aguapety Tipo: 5ta
Cemento Marca : Vallemi CP IV-32
Agua Lugar de extracción : Red de distribución de la ESSAP
Aditivo Marca : Sin Aditivos Tipo: -

3) CARACTERISITICAS DEL CONCRETO

3.1. Tipo de Mezclado

Manual Mezcladora Hormigón Elaborado en
 pie de obra

3.2. Dosificaciones

Agregados	Medidas Obra (proporción)		Medidas Vol.		Datos del recipiente
Cemento	1	balde	-	cm ³	Volumen: 10 (litros)
Agr. Fino	2	balde	-	cm ³	
Agr. Grueso	4	balde	-	cm ³	
Agua	-	balde	-	L/balde	

Relación A/C usada ---
 Asentamiento 21 cm

4) Resultados

4.1. Probetas curadas según Norma

Resistencia a la compresión
 Probeta Nº 1 42,67 kg/cm²
 Probeta Nº 2 50,02 kg/cm²

Ilustración 52: Encuesta de la Construcción C-10

Formato de Encuesta

RESPONSABLE: Mario Javier Servin Gonzalez.

NOMBRE DEL PREYECTO DE TESIS: Estudio de la Calidad del Hormigón Utilizado en Construcciones Civiles de la Ciudad de Coronel Oviedo.

1) INFORMACIÓN GENERAL DE LA CONSTRUCCIÓN

Nombre de la obra Salon comercial - Vivienda unifamiliar
 Dirección Pituantuta entre Juan Manuel Frutos y E. Estigarribia
 Fecha de visita. 21/06/2019
 Responsable de la obra _____ Anónimo

1.1. Categoría

Arquitecto Maestro de obra **Conocimiento** Formación técnica
 Ingeniero Civil Operario **Adquirido** Empírico

1.2. Modalidad

Construcción nueva

Ampliación

1.3. Elemento Evaluado

Viga Columna Zapata
 Losa Cimiento Escalera

¿Conoce la resistencia característica que alcanzará el hormigón con la dosificación empleada? SI No

¿Conoce la importancia de la relación A/C como principal responsable de la adquisición de la resistencia?

Resistencia Especificada: _____ kg/cm² No se especifica

2) CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

Agr. Fino Lugar de extracción : Río Tebicuary
Agr. Grueso Lugar de extracción : Cantera Aguapety Tipo: 5ta
Cemento Marca : Vallemi CP IV-32
Agua Lugar de extracción : Red de distribución de la ESSAP
Aditivo Marca : Sin Aditivos Tipo: -

3) CARACTERISITICAS DEL CONCRETO

3.1. Tipo de Mezclado

Manual Mezcladora Hormigón Elaborado en pie de obra

3.2. Dosificaciones

Agregados	Medidas Obra (proporción)		Medidas Vol.		Datos del recipiente
Cemento	1	balde	-	cm ³	Volumen: 10 (litros)
Agr. Fino	2,5	balde	-	cm ³	
Agr. Grueso	3,5	balde	-	cm ³	
Agua	-	balde	-	L/balde	

Relación A/C usada ---

Asentamiento 19 cm

4) Resultados

4.1. Probetas curadas según Norma

Resistencia a la compresión Probeta Nº 1 138,3 kg/cm²
 Probeta Nº 2 154,49 kg/cm²

Ilustración 53: Encuesta de la Construcción C-11

Formato de Encuesta

RESPONSABLE: Mario Javier Servin Gonzalez.

NOMBRE DEL PREYECTO DE TESIS: Estudio de la Calidad del Hormigón Utilizado en Construcciones Civiles de la Ciudad de Coronel Oviedo.

1) INFORMACIÓN GENERAL DE LA CONSTRUCCIÓN

Nombre de la obra Centro de Distribucion - Cervepar
 Dirección Ruta N° 8 Dr. Blas Garay km 132
 Fecha de visita. 06/10/2019
 Responsable de la obra Liz Goiriz Anónimo

1.1. Categoría

Arquitecto Maestro de obra **Conocimiento** Formación técnica
 Ingeniero Civil Operario **Adquirido** Empírico

1.2. Modalidad

Construcción nueva

Ampliación

1.3. Elemento Evaluado

Viga Columna Zapata
 Losa Cimiento Escalera

¿Conoce la resistencia característica que alcanzará el hormigón con la dosificación empleada? SI No

¿Conoce la importancia de la relación A/C como principal responsable de la adquisición de la resistencia? SI No

Resistencia Especificada: 250 kg/cm² No se especifica

2) CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

Agr. Fino Lugar de extracción : Rio Tebicuary
Agr. Grueso Lugar de extracción : Cantera Aguapety Tipo: 4ta - 6ta
Cemento Marca : Vallemi CP IV-32
Agua Lugar de extracción : Red de distribución de la ESSAP
Aditivo Marca Sikament-90 E PY Tipo Plastificante o super-fluidificante

3) CARACTERISITICAS DEL CONCRETO

3.1. Tipo de Mezclado

Manual Mezcladora Hormigón Elaborado en pie de obra

3.2. Dosificaciones

Agregados	Medidas Obra (proporción)		Medidas Vol.		Datos del recipiente
Cemento	-	balde	-	cm ³	Se uso mezcladoras portatiles de presición para el peso de los materiales
Agr. Fino	-	balde	-	cm ³	
Agr. Grueso	-	balde	-	cm ³	
Agua	-	balde	-	L/balde	

Relación A/C usada ---

Asentamiento 10 cm

4) Resultados

4.1. Probetas curadas según Norma

Resistencia a la compresión
 Probeta N° 1 254,65 kg/cm²
 Probeta N° 2 251,82 kg/cm²

Ilustración 54: Encuesta de la Construcción C-12

Formato de Encuesta

RESPONSABLE: Mario Javier Servin Gonzalez.

NOMBRE DEL PREYECTO DE TESIS: Estudio de la Calidad del Hormigón Utilizado en Construcciones Civiles de la Ciudad de Coronel Oviedo.

1) INFORMACIÓN GENERAL DE LA CONSTRUCCIÓN

Nombre de la obra Centro de Distribución - Supermercado Fortis
 Dirección Ruta N° 2 Mcal. Estigarribia km 132
 Fecha de visita. 21/06/2019
 Responsable de la obra _____ Anónimo

1.1. Categoría

Arquitecto Maestro de obra **Conocimiento** Formación técnica
 Ingeniero Civil Operario **Adquirido** Empírico

1.2. Modalidad

Construcción nueva

Ampliación

1.3. Elemento Evaluado

Viga Columna Zapata
 Losa Cimiento Escalera

¿Conoce la resistencia característica que alcanzará el hormigón con la dosificación empleada? SI No

¿Conoce la importancia de la relación A/C como principal responsable de la adquisición de la resistencia? SI No

Resistencia Especificada: 200 kg/cm² No se especifica

2) CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

Agr. Fino Lugar de extracción : Rio Tebicuary
Agr. Grueso Lugar de extracción : Cantera Aguapety Tipo: 4ta
Cemento Marca : Vallemi CP IV-32
Agua Lugar de extracción : Red de distribución de la ESSAP
Aditivo Marca : Sin Aditivos Tipo: -

3) CARACTERISITICAS DEL CONCRETO

3.1. Tipo de Mezclado

Manual Mezcladora Hormigón Elaborado en pie de obra

3.2. Dosificaciones

Agregados	Medidas Obra (proporción)		Medidas Vol.		Datos del recipiente
Cemento	-	balde	-	cm ³	Se uso mezcladoras portatiles de presición para el peso de los materiales
Agr. Fino	-	balde	-	cm ³	
Agr. Grueso	-	balde	-	cm ³	
Agua	-	balde	-	L/balde	

Relación A/C usada ---
 Asentamiento 9,5 cm

4) Resultados

4.1. Probetas curadas según Norma

Resistencia a la compresión Probeta N° 1 220,69 kg/cm²
 Probeta N° 2 223,52 kg/cm²

Ilustración 55: Encuesta de la Construcción C-13