



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

“INFLUENCIA DE PIEDRA PÓMEZ SOBRE
ASENTAMIENTO, DENSIDAD, ABSORCIÓN Y
RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN CONCRETO
LIVIANO ESTRUCTURAL”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Br. Cleiser Alejandro Tantaquilla Cueva

Asesor:

Mg. Iván Eugenio Vásquez Alfaro

Trujillo – Perú

2017

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el Bachiller **Cleiser Alejandro Tantaquilla Cueva**, denominada:

“INFLUENCIA DE PIEDRA PÓMEZ SOBRE ASENTAMIENTO, DENSIDAD,
ABSORCIÓN Y RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN CONCRETO LIVIANO
ESTRUCTURAL”

Ing. Iván Eugenio Vásquez Alfaro
ASESOR

Ing. Paul Henríquez Ulloa
JURADO
PRESIDENTE

Ing. Alberto Vásquez Díaz
JURADO

Ing. Wiston Azañedo Medina
JURADO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DE LA TESIS	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ECUACIONES	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	16
1.1. Realidad problemática.....	16
1.2. Formulación del problema.....	19
1.3. Justificación	19
1.4. Limitaciones.....	20
1.5. Objetivos.....	21
1.5.1. Objetivo general	21
1.5.2. Objetivos específicos.....	21
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	22
2.1 Antecedentes.....	22
2.2 Bases Teóricas	29
2.2.1 Concreto	29
2.2.2 Componentes del concreto.....	32
2.2.3 Mecanismos de materiales de la mezcla.....	43
2.2.4 Propiedades mecánicas y físicas en el concreto.....	48
2.2.5 Importancia del curado del concreto	52
2.2.6 Diseño de mezcla del concreto	53
2.2.7 Control de calidad y aceptación de los ensayos.....	54
2.3 Definición de términos básicos	55
2.3.1 Concreto liviano estructural:	55
2.3.2 Asentamiento	55
2.3.3 Densidad del concreto.....	56
2.3.4 Absorción	56
2.3.5 Resistencia a compresión.....	56
2.3.6 Piedra pómez	56
2.4 Hipótesis.....	56
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA	57
3.1 Operacionalización de variables.....	57
3.2 Tipo de diseño de investigación.....	58

3.3	Unidad de estudio	58
3.4	Población.....	58
3.5	Muestra.....	58
3.6	Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos.....	59
3.6.1	Técnicas de recolección de datos y análisis de datos	59
3.6.2	Procedimiento experimental	61
CAPÍTULO 4. DESARROLLO Y RESULTADOS		61
4.1	Desarrollo	61
4.1.1	Caracterización de los agregados.....	61
4.1.2	Elaboración del diseño de mezcla según ACI-211	75
4.1.3	Elaboración de diseños de mezcla a partir de roca pómez como A.G liviano.....	79
4.1.4	Elaboración de diseños de mezcla a partir de roca pómez como A.F liviano.	81
4.1.5	Mezcla, conformación de probetas y curado	84
4.1.6	Asentamiento del concreto fresco	84
4.1.7	Cabeceo de especímenes cilíndricos de concreto.....	86
4.1.8	Resistencia a compresión del concreto.....	86
4.1.9	Densidad seca	91
4.1.10	Densidad de equilibrio	94
4.1.11	Análisis de costos del concreto.....	97
4.2	Resultados.....	103
4.2.1	Granulometría del agregado fino	103
4.2.2	Granulometría del agregado grueso	104
4.2.3	Humedad del agregado grueso y fino	105
4.2.4	Peso unitario suelto y compactado del agregado fino y agregado grueso.....	105
4.2.5	Peso específico y absorción de los agregados.....	105
4.2.6	Diseño de mezcla.....	106
4.2.7	Asentamiento del concreto fresco	106
4.2.8	Resistencia a compresión del concreto.....	107
4.2.9	Densidad seca	107
4.2.10	Absorción del concreto	107
4.2.11	Densidad de equilibrio	108
4.2.12	Costos de producción del concreto	108
CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN		109
CONCLUSIONES.....		128
RECOMENDACIONES.....		129
REFERENCIAS		130
ANEXOS		134

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Dosificación y resultados del concreto obtenido por Hou, Caicedo y Falconi.....	22
Tabla 2: Propiedades de la piedra pómez.....	23
Tabla 3: Dosificaciones utilizadas en el mortero de Videla y López.....	23
Tabla 4: Ensayos Físicos – Mecánicos del mortero de Videla y Lopez.....	24
Tabla 5: Concreto liviano con piedra pómez media.....	24
Tabla 6: Concreto liviano con piedra pómez gruesa.....	25
Tabla 7: Resistencias de concreto liviano con piedra pómez media.....	25
Tabla 8: Resistencias de concreto liviano con piedra pómez gruesa.....	25
Tabla 9: Módulo de finura y masa unitaria compactada de la piedra pómez.....	26
Tabla 10: Resistencia a compresión de bloques livianos.....	26
Tabla 11: Máxima densidad de agregados, para concreto liviano.....	27
Tabla 12: Características de agregados livianos a utilizar en concreto liviano.....	28
Tabla 13: Material para ensayo de granulometría.....	28
Tabla 14: Clasificación de acuerdo al peso específico del concreto liviano.....	30
Tabla 15: Clasificación de los agregados por su peso unitario.....	33
Tabla 16: Composición química de la piedra pómez.....	35
Tabla 17: Porcentaje típico de los óxidos componentes del cemento.....	36
Tabla 18: Porcentajes típicos de los compuestos químicos principales del cemento.....	37
Tabla 19: Requisitos de calidad del agua.....	38
Tabla 20: Propiedades técnicas de superplastificante Euco 37.....	40
Tabla 21: Clasificación de reductores de agua.....	47
Tabla 22: Concreto según su consistencia.....	51
Tabla 23: Tipos de asentamiento.....	52
Tabla 24: Formulación de la hipótesis.....	56
Tabla 25: Operacionalización de variables.....	57
Tabla 26: Dimensiones de la muestra de piedra pómez.....	59
Tabla 27: Matriz de diseño.....	60
Tabla 28: Procedimiento experimental.....	61
Tabla 29: Granulometría del agregado fino - Muestra 1.....	61
Tabla 30: Granulometría del agregado fino - Muestra 2.....	62
Tabla 31: Granulometría del agregado fino - Muestra 3.....	62
Tabla 32: Var, Ds y rango aceptable para el análisis granulométrico del agregado fino.....	63
Tabla 33: Granulometría del agregado grueso - Muestra 1.....	64
Tabla 34: Granulometría del agregado grueso - Muestra 2.....	64
Tabla 35: Granulometría del agregado grueso - Muestra 3.....	65
Tabla 36: Var, Ds y rango aceptable para el análisis granulométrico del agregado grueso.....	66
Tabla 37: Humedad del agregado fino convencional.....	66

Tabla 38: Humedad del agregado grueso convencional.....	67
Tabla 39: Humedad del agregado fino liviano.	67
Tabla 40: Humedad del agregado grueso liviano.	67
Tabla 41: Var, Ds y rango aceptable para el contenido de humedad.	67
Tabla 42: Volumen del molde de peso unitario.....	68
Tabla 43: Peso unitario suelto y compactado del agregado fino convencional.....	69
Tabla 44: Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso convencional.	69
Tabla 45: Peso unitario suelto y compactado del agregado fino liviano.	69
Tabla 46: Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso liviano.	70
Tabla 47: Var, Ds y rango aceptable para el peso unitario suelto y compacto.....	70
Tabla 48: Peso específico y absorción del agregado grueso convencional.....	71
Tabla 49: Var, Ds y rango aceptable para el peso específico del agregado grueso convencional.	71
Tabla 50: Peso específico y absorción del agregado grueso liviano.	72
Tabla 51: Var, Ds y rango aceptable para el peso específico del agregado grueso liviano.....	72
Tabla 52: Peso específico y absorción del agregado fino convencional.....	73
Tabla 53: Var, Ds y rango aceptable para el peso específico del agregado fino convencional.	74
Tabla 54: Peso específico y absorción del agregado fino liviano.	74
Tabla 55: Var, Ds y rango aceptable para el peso específico del agregado fino liviano.....	74
Tabla 56: Relación a/c en función de f'c.....	75
Tabla 57: Volumen de agua para mezcla.....	76
Tabla 58: Volumen de aire atrapado.....	76
Tabla 59: Volumen de agregado grueso.....	77
Tabla 60: Diseño de mezcla no corregido.....	78
Tabla 61: Diseño de mezcla 210 kg/cm ²	79
Tabla 62: Diseño de mezcla con reemplazo en % de A.G convencional por A.G liviano.....	80
Tabla 63: Diseño de mezcla con reemplazo del 20% de A.G convencional por A.G liviano.....	80
Tabla 64: Diseño de mezcla con reemplazo del 40% de A.G convencional por A.G liviano.	80
Tabla 65: Diseño de mezcla con reemplazo del 60% de A.G convencional por A.G liviano.	81
Tabla 66: Diseño de mezcla con reemplazo del 80% de A.G convencional por A.G liviano.	81
Tabla 67: Diseño de mezcla con reemplazo del 100% de A.G convencional por A.G liviano.....	81
Tabla 68: Diseño de mezcla con reemplazo en % de A.F convencional por A.F liviano.	82
Tabla 69: Diseño de mezcla con reemplazo en 20% de A.F convencional por A.F liviano.....	83
Tabla 70: Diseño de mezcla con reemplazo en 40% de A.F convencional por A.F liviano.....	83
Tabla 71: Diseño de mezcla con reemplazo en 60% de A.F convencional por A.F liviano.....	83
Tabla 72: Diseño de mezcla con reemplazo en 80% de A.F convencional por A.F liviano.....	83
Tabla 73: Diseño de mezcla con reemplazo en 100% de A.F convencional por A.F liviano.....	84
Tabla 74: Asentamiento en estado fresco.....	85
Tabla 75: Var, Ds y rango aceptable para el asentamiento.....	85
Tabla 76: Resistencia a compresión de probetas patrones – curado 28 días.....	87

Tabla 77: Resistencia a compresión con variación del A.G convencional por A.G liviano,28 días.	87
Tabla 78: Resistencia a compresión con variación del A.F convencional por A.F liviano, 28 días.	88
Tabla 79: Resistencia a compresión de probetas patrones – curado 56 días.	88
Tabla 80: Resistencia a compresión con variación del A.G convencional por A.G liviano,56 días.	89
Tabla 81: Resistencia a compresión con variación del A.F convencional por A.F liviano,56 días.	90
Tabla 82: Var, Ds, Cv y rango aceptable para la resistencia a compresión del concreto.	91
Tabla 83: Densidad seca de probetas patrones.	92
Tabla 84: Densidad seca con variación del A.G convencional por A.G liviano.	92
Tabla 85: Densidad seca con variación del A.F convencional por A.F liviano.	93
Tabla 86: Var y Ds de la densidad seca.	93
Tabla 87: Densidad de equilibrio de las probetas patrones.	94
Tabla 88: Densidad de equilibrio con variación del A.G convencional por A.G liviano.	95
Tabla 89: Densidad de equilibrio con variación del A.F convencional por A.F liviano.	96
Tabla 90: Var y Ds de la densidad de equilibrio.	96
Tabla 91: Costo de acarreo de roca pómez.	97
Tabla 92: Costo de producción de piedra pómez	98
Tabla 93: Costo de transporte de agregados	98
Tabla 94: Costo de agregados en obra	98
Tabla 95: Relación de insumos.	98
Tabla 96: Costo de producción de mezcla patrón'	99
Tabla 97: Costo de producción de mezcla patrón – con aditivo	99
Tabla 98: Costo de producción con 20% de reemplazo de A.G convencional por A.G liviano.	99
Tabla 99: Costo de producción con 40% de reemplazo de A.G convencional por A.G liviano.	100
Tabla 100: Costo de producción con 60% de reemplazo de A.G convencional por A.G liviano	100
Tabla 101: Costo de producción con 80% de reemplazo de A.G convencional por A.G liviano.	100
Tabla 102: Costo de producción con 100%de reemplazo de A.G convencional por A.G liviano	101
Tabla 103: Costo de producción con 20% de reemplazo de A.F convencional por A.F liviano.	101
Tabla 104: Costo de producción con 40% de reemplazo de A.F convencional por A.F liviano.	101
Tabla 105: Costo de producción con 60% de reemplazo de A.F convencional por A.F liviano.	102
Tabla 106: Costo de producción con 80% de reemplazo de A.F convencional por A.F liviano.	102
Tabla 107: Costo de producción con 100% de reemplazo de A.F convencional por A.F liviano.	102
Tabla 108: Granulometría promedio del agregado fino.	103
Tabla 109: Composición de la muestra de agregado fino.	104
Tabla 110: Granulometría promedio del agregado grueso.	104
Tabla 111: Composición de la muestra de agregado grueso.	105
Tabla 112: Humedad promedio de los agregados.	105
Tabla 113: Peso unitario promedio de los agregados.	105
Tabla 114: Peso específico promedio y absorción promedio de los agregados.	105
Tabla 115: Diseño de mezcla f'c 210 y relación a/c.	106

Tabla 116: Asentamiento promedio de las mezclas.....	106
Tabla 117: Resistencia a compresión promedio.....	107
Tabla 118: Densidad seca promedio.....	107
Tabla 119: Absorción promedio del concreto.	107
Tabla 120: Densidad de equilibrio promedio.	108
Tabla 121: Costo de producción del concreto.	108
Tabla 122: Ensayos preliminares.....	143

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Contribución de la construcción al PBI.....	17
Figura 2: Zonificación sísmica del Perú.....	18
Figura 3: Cemento Tipo ICo.....	38
Figura 4: Lignosulfonatos.....	40
Figura 5: Polímero de Naftaleno sulfonado.....	41
Figura 6: Polímero de Melamina sulfonada.....	41
Figura 7: Copolímeros de Vinilo.....	42
Figura 8: Policarboxilatos modificados.....	42
Figura 9: Composición de la hidratación del cemento.....	43
Figura 10: Floculación de los granos de cemento en presencia de agua.....	45
Figura 11: Hidratación inicial del cemento.....	46
Figura 12: Fraguado y endurecimiento.....	47
Figura 13: % Reducción de agua sobre % Dosis - Superplastificantes.....	48
Figura 14: Resistencia del concreto en función del tiempo de curado.....	53
Figura 15: Curvas granulométricas del agregado fino.....	63
Figura 16: Curvas granulométricas del agregado grueso.....	65
Figura 17: Curva granulométrica promedio del agregado fino.....	103
Figura 18: Curva granulométrica promedio del agregado grueso.....	104
Figura 19: Contenido de humedad de los agregados.....	110
Figura 20: Peso unitario de los agregados.....	110
Figura 21: Peso específico de los agregados.....	111
Figura 22: Absorción de los agregados.....	112
Figura 23: Distribución de granos de cemento de acuerdo a la relación a/c.....	113
Figura 24: Resistencia del cemento de acuerdo a la hidratación con alta relación a/c.....	113
Figura 25: Resistencia del cemento de acuerdo a la hidratación con baja relación a/c.....	113
Figura 26: Forma de actuación de una molécula de superplastificante.....	114
Figura 27: Repulsión entre dos partículas de cemento.....	114
Figura 28: Asentamiento de las mezclas patrones.....	115
Figura 29: Asentamiento de las mezclas con reemplazo del agregado grueso.....	116
Figura 30: Asentamiento de las mezclas con reemplazo del agregado fino.....	116
Figura 31: Resistencia a compresión a 28 días.....	119
Figura 32: Resistencia a compresión a 56 días.....	119
Figura 33: Resistencia a compresión sobre el tiempo de curado.....	120
Figura 34: Densidad de equilibrio y seca sobre la var. de A.G convencional por A.G liviano.....	122
Figura 35: Densidad de equilibrio y seca sobre la var. de A.F convencional por A.F liviano.....	122
Figura 36: Diseño y densidad de equilibrio sobre la A.G convencional por A.G liviano.....	123
Figura 37: Diseño y densidad de equilibrio sobre la var de A.F convencional por A.F liviano.....	124

Figura 38: Absorción del concreto	125
Figura 39: Densidad de equilibrio (65días) sobre la resistencia a compresión a 28 días.....	126
Figura 40: Densidad de equilibrio (65días) sobre la resistencia a compresión a 56 días.....	126
Figura 41: Costo de producción del concreto.....	127
Figura 42: Materiales utilizados.....	135
Figura 43: Análisis granulométrico.....	135
Figura 44: Contenido de humedad.....	136
Figura 45: Peso unitario.....	136
Figura 46: Peso específico del agregado fino liviano.....	136
Figura 47: Peso específico del agregado fino.....	137
Figura 48: Peso específico del agregado grueso.....	137
Figura 49: Medida de sales y cloruros.....	138
Figura 50: Mezclas.....	138
Figura 51: Asentamiento sin aditivo y con aditivo.....	138
Figura 52: Asentamiento al reemplazo del 100% para el agregado fino y grueso.....	139
Figura 53: Elaboración de probetas.....	139
Figura 54: Curado de probetas.....	139
Figura 55: Densidad seca.....	140
Figura 56: Densidad de equilibrio.....	140
Figura 57: Resistencia a compresión.....	141
Figura 58: Piedra pómez dentro del concreto endurecido.....	141

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Variación porcentual	54
Ecuación 2: Varianza	54
Ecuación 3: Desviación estándar	55
Ecuación 4: Coeficiente de Variación	55
Ecuación 5: Muestra	58
Ecuación 6: Módulo de finura del agregado fino	61
Ecuación 7: Humedad aparente	66
Ecuación 8: Peso unitario suelto	68
Ecuación 9: Peso unitario compactado	68
Ecuación 10: Densidad seca del agregado grueso	71
Ecuación 11: Densidad saturada superficialmente seca del agregado grueso	71
Ecuación 12: Densidad aparente del agregado grueso	71
Ecuación 13: Absorción del agregado grueso	71
Ecuación 14: Densidad seca del agregado fino	73
Ecuación 15: Densidad saturada superficialmente seca del agregado fino	73
Ecuación 16: Densidad aparente del agregado fino	73
Ecuación 17: Absorción del agregado fino	73
Ecuación 18: Factor de seguridad para un concreto $f'c$ 210	75
Ecuación 19: Volumen del cemento	76
Ecuación 20: Volumen del agregado grueso	77
Ecuación 21: Volumen del agregado fino	77
Ecuación 22: Adición de agua por agregado grueso	78
Ecuación 23: Adición de agua por agregado fino	78
Ecuación 24: Factor de relación del agregado grueso	79
Ecuación 25: Porcentaje de piedra pómez por agregado grueso	79
Ecuación 26: Factor de relación del agregado fino	81
Ecuación 27: Porcentaje de piedra pómez por agregado fino	82
Ecuación 28: Resistencia a compresión	86
Ecuación 29: Densidad seca	91
Ecuación 30: Absorción del concreto	91
Ecuación 31: Densidad de equilibrio	94
Ecuación 32: Densidad de equilibrio calculada	94
Ecuación 33: Rendimiento de Acarreo de pómez	97

RESUMEN

La investigación se enfocó en la obtención de Concretos livianos estructurales compuesto por un agregado liviano natural como la piedra pómez. Para lograr tal fin se procedió a realizar una mezcla patrón de concreto convencional con agregados naturales de las canteras existentes en Huanchaco - Trujillo y otro concreto liviano con el uso de piedra pómez encontradas en la costa norte del mar peruano, el uso de esta piedra se hizo en diferentes tamaños 12.50 mm (1/2"), para el agregado grueso y 2.36mm (N°8), para el agregado fino, para ambos casos el reemplazo de los agregados se dio de acuerdo a las volúmenes que ocupaban en la mezcla en los siguientes porcentajes 20%, 40%, 60%, 80% y 100%. Asimismo, se utilizó el cemento portland Tipo ICo y un aditivo superplastificante EUCO 37 al 1% del contenido del cemento.

Tanto a los agregados livianos y convencionales, se les realizaron los ensayos de caracterización bajo las Normas ASTM, los cuales fueron requeridos para efectuar los diseños de mezcla de concreto bajo la norma ACI 211. Se conformaron probetas de 100 x 200 mm (4 x 8 in) de acuerdo a la norma ASTM C192. Se utilizó 4 réplicas por cada variable para obtener una confiabilidad del 95 %. La resistencia a la compresión se realizó de acuerdo a la ASTM C39, la densidad bajo la ASTM C642 y ASTM C567, en cuanto al asentamiento se desarrolló de acuerdo a la ASTM C143.

En el caso del concreto convencional, se estudiaron mezclas de concreto con relación a/c de 0.583 para una resistencia de 210 kg/cm², obteniendo resistencias a la compresión promedio de 296 kg/cm² a los 28 días de curado y 323 kg/cm² a los 56 días de curado, la densidad promedio de 2263 kg/m³ y un asentamiento de 7.55". Además un costo de S/. 236.60 por m³.

Por otro lado, el reemplazo óptimo del agregado grueso por piedra pómez se encuentra en el rango de 20% a 60% en volumen, obteniendo valores de resistencia a compresión de 276 kg/cm² a 233 kg/cm² a 28 días de curado y 303 kg/cm² a 259 kg/cm² a 56 días de curado. Asimismo un asentamiento de 6.4" a 4" y una densidad de equilibrio de 2150 kg/m³ a 1918 kg/m³. Además un costo de producción de S/. 238.02 a S/. 240.84 por m³.

En cuanto al agregado fino el reemplazo óptimo puede ser en hasta un 100%, obteniendo un valor de resistencia a compresión de 222 kg/cm² a 28 días de curado y 238 kg/cm² a 56 días de curado. Asimismo un asentamiento de 5.2" y una densidad de equilibrio de 1956 kg/m³. Además un costo de producción de S/. 242.73 por m³.

ABSTRACT

The research project focused on obtaining Lightweight Structural Concrete composed of a lightweight natural aggregate such as pumice stone. To achieve this aim, a conventional concrete mix was made with natural aggregates from the existing quarries in Huanchaco - Trujillo and another light concrete with the use of pumice found on the north coast of the Peruvian sea, the use of this stone was Made in different sizes 12.50 mm (1/2 "), for the coarse aggregate and 2.36 mm (No. 6), for the fine aggregate, for both cases the replacement of the aggregates was given according to the volumes they occupied in the Mixing in the following percentages: 20%, 40%, 60%, 80% and 100%. Likewise, Type I Cement and EUCO 37 superplasticizer additive were used at 1% of the cement content.

Both the light and conventional aggregates were subjected to characterization tests under ASTM Standards, which were required to perform the concrete mix designs under ACI 211. Samples of 100 x 200 mm (4 x 8 in) were made according to Standard ASTM C192. Four replicates were used for each variable to obtain a reliability of 95%. Compressive strength was performed according to ASTM C39, density under ASTM C642 and ASTM C567, as far as settling was developed according to ASTM C143.

In the case of conventional concrete, concrete mixtures were studied in relation to a / c of 0.58 for a strength of 210 kg/cm², obtaining average compressive strengths of 296 kg/cm² at 28 days of curing and 323 kg/cm². At 56 days of curing, the average density of 2263 kg/m³ and a settlement of 7.55". In addition, a cost of S / . 236.60 per m³.

On the other hand, the optimum replacement of the thick aggregate by pumice is in the range of 20% to 60% by volume, obtaining compressive strength values from 276 kg/cm² to 233 kg/cm² at 28 days of curing and 303 kg/cm² at 259 kg / cm² at 56 days of curing. Also a settlement of 6.4 "to 4" and an equilibrium density of 2150 kg / m³ to 1918 kg/m³. In addition, a production cost of S/. 238.02 and S/. 240.84 per m³.

As for the fine aggregate the optimum replacement can be up to 100%, obtaining a compressive strength value of 222 kg/cm² at 28 days of curing and 238 kg/cm² at 56 days of curing. Also a settlement of 5.2 "and an equilibrium density of 1956 kg/m³. In addition, a production cost of S/. 242.73 per m³.

NOTA DE ACCESO

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales

REFERENCIAS

- A. del caño M.P de la cruz (s.f) Construcción y arquitectura industrial: conceptos básicos. Recuperado de: <http://www.ii.udc.es/cai/docs/capitulo01/cai-conceptosbasicos.pdf>
- Abarca, R (2014) Determinación de los pesos unitarios [en línea] Recuperado el 25 de septiembre de 2015, de: <http://documents.tips/documents/peso-unitario-leshdocx.html>
- Absalón V. y Salas R. (2008). Influencia en el diseño de mezcla de agregados de diferente procedencia en el Estado de Mérida. (Tesis de Titulación de Ingeniería Civil). Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.
- American Concrete Institute 211.1-91 (2002) Práctica estándar para seleccionar el proporcionamiento de concreto de peso normal, pesado y masivo.
- American Concrete Institute 213R-03 (2003) Guide for Structural Lightweight-Aggregate Concrete.
- American Concrete Institute Committee 308R. (2001) Guide to Curing Concrete.
- American Society for Testing and Materials (ASTM) Capítulo C. Tema: Concreto. Edición 2000.
- Arredondo, K. Ramírez, P. Gonzalez, S. Garcés, Katherin. (2013) Evaluación del efecto mecánica y el aporte ambiental que tiene el reemplazo de agregados gruesos por PET (Teraftalato de Polietileno) [en línea] Recuperado el 14 de febrero 2017, de: <http://proyectohormi-pet.weebly.com/proyecto-de-investigacioacuten.html>
- Asociación Colombiana De Productores De Concreto (ASOCRETO) (2005) Tecnología y propiedades. Instituto del Concreto, Colombia.
- Asociación de Productores de cemento (2014), Catálogo de normas técnicas peruanas de concreto [en línea] Recuperado el 01 de noviembre de 2015, de: http://issuu.com/asocem/docs/cat__logo_de_normas_de_t__cnicas_pe
- Avila, G. (2015) Propiedades del concreto. [en línea] Recuperado el 14 de febrero 2017, de: <http://teconcreto123.blogspot.pe/p/capitulo-x.html>
- Cañarte, G (2016) Estudio de aumento de resistencia a compresión del hormigón liviano con piedra pómez como solución estructural. (Tesis de grado). Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- Cementos Pacasmayo (2015). Tipos de cementos pacasmayo. [en línea] Recuperado el 16 de septiembre de 2015, de:
- CENAPRED (s.f) Seguridad en las construcciones Recuperado de: <http://www.cenapred.unam.mx/es/PreguntasFrecuentes/faqpopo3.html>
- Chavez, R (2012) Tecnología de los Materiales [en línea] Recuperado el 06 de septiembre de 2015, de: <https://es.scribd.com/doc/113952973/Consistencia-Del-Concreto-Ensayo>
- Cuizara, A. (2013) Peso Unitario del Agregado Grueso y Fino [en línea] Recuperado el 25 de septiembre de 2015, de:

- Ecured (2015) Piedra Pómez [en línea] Recuperado el 22 de septiembre de 2015, de: http://www.ecured.cu/Piedra_p%C3%B3mez
- Fernández, L (2009). Importancia del curado en la calidad del hormigón de recubrimiento. Parte I: Análisis teórico de los efectos del secado prematuro. Hormigón, 2009: 38 – 47.
- Ferreira, I., Osorio, J., Fiorotti, R., Oliveira, M., Gates, R. (2010). Elaboración y Evaluación de Placas prefabricadas de concreto aligerado con Arcilla expandida para uso como coberturas de Estructuras Pecuarias. En Revista de la Facultad Nacional de Agronomía – Medellín vol. 63, n° 2, Medellín, Colombia. Recuperado de : <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179918602018>
- Goitia, B; Graterol, O (2015). Estudio comparativo de costos constructivos entre una estructura de cuatro niveles en concreto convencional y esta misma en concreto liviano, partiendo de su análisis estructural. (Tesis de grado). Universidad Nueva Esparta, Bolivia.
- Hanehara, S.; Yamada, K.(2007) “Rheology and early age properties of cement systems”. 12th, Montreal.
- Harmsen, T (2005). Diseño de estructuras de concreto armado. Perú: Lima.
- Hernández, A (2011) Comportamiento estructural de elementos flexurales de hormigón liviano. (Tesis de Maestría). Pontificia universidad católica de Chile, Santiago de Chile, Chile.
- Hou, D., Caicedo, J., Falconí, A. (2007). Hormigones livianos de alto desempeño. En Revista Tecnológica ESPOL. <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Aditivos.Hormigon.FLUIDIFICANTES.pdf>
<https://es.slideshare.net/yohnnny/57709566-pesounitariodelagregadogruesoysfino>
- Hualpa, J. (Enero de 2013). Validación del refrentado con pasta de cemento en el ensayo de compresión de bloques de hormigón. (Tesis de grado). Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador.
- Huerta, R (2004) Concretos Ligeros [en línea] Recuperado el 27 de Abril de 2016, de: <http://www.imcyc.com/ct2009/jul09/tecnologia.htm>
- Huincho, E (2011) Concreto del alta resistencia usando aditivo superplastificante, microsilice y nanocilise con cemento portland Tipo I. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
- Instituto de la Construcción y Gerencia (2015). Manual de la construcción. Lima: Perú.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2010) Tasa de crecimiento del sector construcción [en línea] Recuperado el 08 de septiembre de 2015, de: <http://iinei.inei.gob.pe/iinei/siemweb/publico/>
- Jylcon, Sac. Mantenimiento de concreteras [en línea] Recuperado el 14 de febrero 2017, de: <http://www.jylcon.com/calidad-del-concreto.html>
- Kosmatka and Panarese, (1998) “Design and Control of Concrete Mixtures”, Portland Cement Association, Skokie. Ill, 13th Ed, 1988.

- Kosmatka, Steven H.; Kerkhoff, Beatrix; Panarese, William C.; y Tanesi, Jussara (2004), Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, EE.UU.
- Market Reports Store (2015) Global Construction Market Worth \$ 10.3 Trillion in 2020 [en línea] Recuperado el 07 de Junio de 2016, de: <http://www.prnewswire.com/news-releases/global-construction-market-worth-103-trillion-in-2020-50-largest-most-influential-markets-292235961.html>
- Martínez, D. (2010). Concreto liviano estructural con arcilla expandida térmicamente extraída de canteras localizadas en el sur de la sabana de Bogotá. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogota, Colombia.
- Matematidat (11 de marzo de 2011) Variación porcentual. Recuperada de: <http://matematidat.blogspot.pe/2011/03/variacion-porcentual.html>
- Mayta J. (2014). Influencia del aditivo superplastificante en el tiempo de fraguado, trabajabilidad y resistencia mecánica del concreto, en la ciudad de Huancayo. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional del Centro del Perú, Perú.
- Molina C. (2014). Influencia del aditivo hiperplastificante plastol 200 ext en las propiedades del concreto autocompactante en estado fresco y endurecido. (Tesis de Licenciatura). Universidad Privada Antenor Orrego (UPAO), Perú.
- Moragues. Procesos de hidratación del cemento portland microestructura del hormigón. [en línea] Recuperado el 07 de diciembre de 2017, de: <http://prt2.uprm.edu/Microestructura.pdf>
- Municipalidad Provincial de Trujillo (2003) Esquema director de Trujillo [en línea] Recuperado el 07 de Junio de 2016, de: http://eudora.vivienda.gob.pe/OBSERVATORIO/PYED_MUNICIPALIDADES/TRUJILLO/ESQUEMA_DIRECTOR_2003.pdf
- Neville, A. Brooks, J (1998) Tecnología del concreto. U.S.A: San Diego.
- Neville, A., (1999) Tecnología del Concreto, 1ª edición. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C., México, D.F.
- Norma Técnica Peruana E060 (2009). Concreto Armado
- Oliva, C (2008) Influencia de los superplastificantes en la trabajabilidad y resistencia de los hormigones grado. (Tesis de grado). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Osorio, D (2013) Resistencia Mecánica del concreto y resistencia a compresión [en línea] Recuperado el 06 de septiembre de 2015, de: <http://blog.360gradosenconcreto.com/resistencia-mecanica-del-concreto-y-resistencia-a-la-compresion/>
- Paez, J.N & Ahumada, L., (2006). Uso del SiO₂ obtenido de la cascarilla de arroz en la síntesis de silicatos de calcio. Revista Academia Colombiana de Ciencias, 30 (117) 581 – 594. Bogotá
- Pasquel (1993) Tecnología del Concreto. Edición 1 Lima – Perú.

- Portugal, P. (2007). Tecnología del concreto de alto desempeño [en línea] Recuperado el 06 de septiembre de 2015, de: <https://issuu.com/jazminalva/docs/42540958-tecnologia-del-concreto-de>
- Quintero, L, Herrera. J, Corzo. L, García. J. (2011) Relación entre la resistencia a compresión y la porosidad del concreto evaluada a partir de parámetros ultrasónicos. En Revista ION 24 (1) PP 69-76. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/rion/v24n1/v24n1a09.pdf>
- Rodriguez, J (s.f) Recuperado de:
http://www.aparejadoresmadrid.es/archivos/jornadaes/31/hormigones_especiales_seg%C3%BAAn_normativa_vigente_iii.pdf – RODRIGUEZ, J.
- SAIMT (2013) Tendencia del sector construcción e Inmobiliario a nivel nacional y en la región La libertad. [en línea] Recuperado el 15 de Junio de 2016, de:
<http://www.saimt.gob.pe/revista/3eraEdicion/3eraedicion.pdf>
- Segura, J. (2007) Concreto liviano estructural con arcilla expandida térmicamente extraída de canteras localizadas en el sur de la sabana de Bogotá. En la Revista Tecnológica ESPOL.
- Sika (s.f) Curado del concreto, Sika informaciones técnicas.
- Silgado, E. (1998) Historia de los sismos más notables ocurridos en Perú (1513–1974)”. Lima, Ingeomin, hoy Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, Lima.
- Smith, W. (1998). Hormigón - Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales (Tercera edición ed., p. 340). Madrid: McGraw-Hill, Inc.
- Tello A. (2008). Uso del aditivo superplastificante RHEOBUILD 1000 y la fibra de polipropileno FIBERMESH 300 en edificios con muros de ductilidad limitada aplicada al conjunto habitacional Lomas Caminos del Inca. (Tesis). Universidad Ricardo Palma, Perú.
- Terreros, C. (2006). Materiales de Construcción, Pág, 123-126, 147-150, 173, 174, Escuela Superior Politécnica del Litoral -ESPOL.
- Terreros, C. (2013). Hormigones Especiales. Pág. 1- 9. Guayaquil, Guayas, Ecuador: Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Escuela Superior Politécnica del Litoral - ESPOL.
- UNICON (2015) Concreto Liviano UNICON [en línea] Recuperado el 01 de noviembre de 2015, de:
<http://www.unicon.com.pe/repositorioaps/0/0/jer/comlivia/files/FichaTecnicaConcretoLivianoUNICON.pdf>
- Uniovi. Fluidificantes [en línea] Recuperado el 15 de febrero de 2017, de:
- Valdez, L. Suarez, G. Proaño, G. (2010). Hormigones Livianos de alto rendimiento. En Revista Tecnológica ESPOL.
- Zamora, C (2014). Influencia del uso de fibras de polipropileno fibromac en la resistencia a la compresión del concreto $f' c=210 \text{ kg/cm}^2$. (Tesis de grado). Cajamarca – Perú [en línea] Recuperado el 25 de septiembre de 2015, de:
<http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/352/T%20693.5%20Z25%202014.pdf?sequence=1>