



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

**“DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE  
RV-2020 Y CERÁMICA COCIDA”**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**AUTORES:**

**ROGELIO SANTIAGO GÓMEZ DEL PEZO**

**JAIRO ALEXI MORA FIGUEROA**

**TUTOR:**

**ING. RICHARD IVÁN RAMÍREZ PALMA, MSc.**

La Libertad, Ecuador

2021

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

**CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

**“DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE  
RV-2020 Y CERÁMICA COCIDA”**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**AUTORES:**

**ROGELIO SANTIAGO GÓMEZ DE PEZO**

**JAIRO ALEXI MORA FIGUEROA**

**TUTOR:**


**ING. RICHARD IVÁN RAMÍREZ PALMA, MSc.**


La Libertad, Ecuador

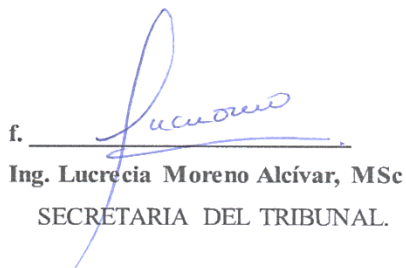
2021

# TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f.   
Ing. Jonny Yillao Borbor, MSc.  
DIRECTOR DE CARRERA.

f.   
Ing. Alejandro Véliz Aguayo, PhD.  
DOCENTE ESPECIALISTA.

f.   
Ing. Richard Ramírez Palma, MSc.  
DOCENTE TUTOR.

f.   
Ing. Lucrecia Moreno Alcívar, MSc.  
SECRETARIA DEL TRIBUNAL.

*El presente proyecto de titulación lo dedico a Dios por todo lo que me ha brindado, especialmente por permitirme culminar una etapa más de mi vida, darme fuerzas y sabiduría para poder lograr mis objetivos.*

*A mi padre Agustín Nólito Mora Poveda por su apoyo, lucha, consejos y enseñarme a no darme por vencido.*

*A mi madre Esbélida Pilar Figueroa Miraba por su fe, paciencia y motivación para que yo pueda lograr todo lo que me proponga.*

*A mi hermano Adonis Adrián Mora Figueroa por apoyarme en todo momento y darme ánimos para seguir adelante durante mi vida universitaria y cotidiana.*

*A mi abuelo Agapito Mora Moran, quien ha estado conmigo acompañándome en cada etapa de mi vida, brindándome consejos y su apoyo incondicional.*

*A mi abuela Santa Mercedes Poveda, quien me forjo a ser una persona responsable, honesta, a ser humilde y dar una mano a todas las personas que lo necesiten.*

**Jairo Mora Figueroa**

*El presente trabajo de titulación se lo dedico principalmente a DIOS por brindarme la vida y salud, por consiguiente, a mis padres que sin ellos no hubiera alcanzado esta meta que con mucho esfuerzo y perseverancia pude llegar al objetivo, su apoyo moral y económico fue fundamental en el transcurso de mi formación académica.*

*A mi esposa Jennyffer Baque por su amor, comprensión y consejos que me ayudaron a elegir el camino correcto dándome ideas y permitiéndome culminar mis estudios.*

*A mi hija María Paula Gómez que es mi inspiración para lograr todo lo que me propongo en mi vida, ella es mi impulso para salir de los problemas cotidianos y mirar hacia mis objetivos.*

*A mis abuelos que son mis pilares fundamentales creyeron en mí, que siempre se preocupan por mi estado de salud y económico que me brinda ese apoyo incondicional cuando más lo he necesitado.*

**Rogelio Gómez del Pezo**

# CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

La libertad, 25 de enero de 2022

Ing. Richard Ramírez Palma, MSc.

**TUTOR DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.**

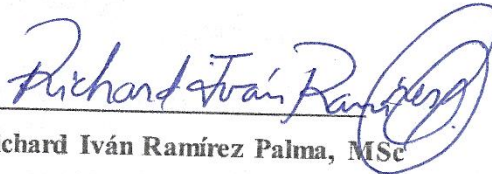
**Universidad Estatal Península de Santa Elena**

En mi calidad de Tutor del trabajo de investigación para titulación del tema “DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERÁMICA COCIDA” elaborado por los estudiantes ROGELIO SANTIAGO GÓMEZ DEL PEZO y JAIRO ALEXI MORA FIGUEROA, egresados de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, me permito declarar que una vez analizado en el sistema anti plagio URKUND, luego de haber cumplido los requisitos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 4% de la valoración permitida.

Adjunto reporte de similitud.

**TUTOR**

f.










Ing. Richard Iván Ramírez Palma, MSc

C.I: 0912246451

## Document Information

Analyzed document	TESIS HORMIGON CELULAR EN BASE A ESPUMANTE Y CERAMICA COCIDA FINAL (REVISION).docx (D125766619)
Submitted	2022-01-21T21:07:00.000000
Submitted by	
Submitter email	rogelio_gomez_2011@hotmail.com
Similarity	4%
Analysis address	rramirez.upse@analysis.orkund.com

## Sources included in the report


SA	<b>20190108 Wilson Caicedo_ Flavio Tipán .pdf</b> Document 20190108 Wilson Caicedo_ Flavio Tipán .pdf (D46552037)		10
SA	<b>TESIS-MTE-UG-GACB-2016.docx</b> Document TESIS-MTE-UG-GACB-2016.docx (D18274700)		2
SA	<b>TESIS FINAL TORRES - GUAMAN.v2.pdf</b> Document TESIS FINAL TORRES - GUAMAN.v2.pdf (D47134018)		2
W	URL: <a href="http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/22717/1/T-UCE-0011-ICF-287.pdf">http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/22717/1/T-UCE-0011-ICF-287.pdf</a> Fetched: 2021-07-30T20:30:41.2030000		3
SA	<b>20180911 LOZANO ANDREA - TABANGO MARTHA.pdf</b> Document 20180911 LOZANO ANDREA - TABANGO MARTHA.pdf (D41359395)		1
SA	<b>(TESIS 2018 ARMANDO CARVAJAL P..pdf</b> Document (TESIS 2018 ARMANDO CARVAJAL P..pdf (D40860662)		1
W	URL: <a href="https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5969/1/UPSE-TIC-2021-0011.pdf">https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5969/1/UPSE-TIC-2021-0011.pdf</a> Fetched: 2021-11-29T05:23:28.7370000		5
SA	<b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA / ALVARADO A, TIVANTA K.docx</b> Document ALVARADO A, TIVANTA K.docx (D60124785) Submitted by: andres_199193@hotmail.com Receiver: lmoreno.upse@analysis.orkund.com		1
SA	<b>Tesis AditivosHormigon abril2015.docx</b> Document Tesis AditivosHormigon abril2015.docx (D13947154)		1
SA	<b>submission.pdf</b> Document submission.pdf (D75009397)		3

# DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **ROGELIO SANTIAGO GÓMEZ DEL PEZO** y **JAIRO ALEXI MORA FIGUEROA**, declaramos bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado “**DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERÁMICA COCIDA**”, no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería Civil, lo cual es un trabajo exclusivamente inédito y perteneciente de nuestra autoría.

Por medio de la presente declaración cedemos los derechos de autoría y propiedad intelectual, correspondientes a este trabajo, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente,

f.  \_\_\_\_\_

**Rogelio Santiago Gómez del Pezo**

**Autor de tesis**

**C.I. 2450182254**

f.  \_\_\_\_\_

**Jairo Alexi Mora Figueroa**

**Autor de tesis**

**C.I. 0928270842**



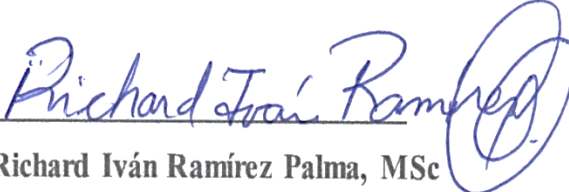
# CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Richard Iván Ramírez Palma, MSc.

**TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Universidad Estatal Península de Santa Elena**

En mi calidad de Tutor del presente trabajo “**DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERÁMICA COCIDA**”, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil elaborado por el Sr. Rogelio Santiago Gómez del Pezo y el Sr. Jairo Alexi Mora Figueroa, egresados de la Carrera de Ingeniería Civil, Facultad Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes.

f. 

Ing. Richard Iván Ramírez Palma, MSc

**Tutor**

# CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

Yo, Magister. William Rogelio Gómez Sandoval. Certifico: Que he revisado la ortografía y la redacción del trabajo de titulación “DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CEÁMICA COCIDA”, elaborado por Rogelio Santiago Gómez Del Pezo y Jairo Alexi Mora Figueroa, previo a la obtención del título de: **INGENIERO CIVIL** de la **Universidad Estatal Península Santa Elena**.

Por tal motivo, he procedido a leer y analizar de manera profunda el estilo y la forma del contenido del texto:

- Se denota pulcritud en la escritura.
- La acentuación es precisa.
- Se utiliza los signos de puntuación de manera acertada.
- No incurre en errores en la utilización de las letras
- La aplicación de la sinonimia es correcta.
- Se maneja conocimiento y precisión de la morfosintaxis.

Por expuesto y en uso de mis derechos como Magister en Docencia y Educación, recomiendo la VALIDEZ ORTOGRÁFICA de su tesis y dejo a vuestra consideración el certificado de rigor para los efectos legales correspondientes.

Atentamente,



Mg. William Gómez Sandoval

C.I. 0914796941

E-mail: [williamrogelio@gmail.com](mailto:williamrogelio@gmail.com)

Registro senescyt: 10500-12-86029473

# AGRADECIMIENTO

Nuestro profundo agradecimiento a DIOS por permitirnos culminar nuestra carrera con éxito, por darnos salud, fuerza y sabiduría; y para enfrentar los obstáculos encontrados en el transcurso de nuestra formación académica.

A nuestra familia por ser el pilar fundamental en nuestra formación, por su apoyo moral y económico que fue de gran ayuda para poder culminar la Carrera de Ingeniería Civil.

Agradecemos al ING. RICHARD RAMIREZ PALMA por su labor desarrollada como tutor brindando su tiempo y conocimiento para la elaboración de este trabajo de titulación.

Agradecemos al Dr. ALEJANDRO VÉLIZ quien aportó con sus conocimientos y fue de guía para alcanzar los resultados deseados dentro de la investigación.

Agradecemos a la ING. LUCRECIA MORENO por su apoyo y por facilitarnos su laboratorio de análisis de suelo, para poder realizar los ensayos y culminar nuestro trabajo.

Agradecemos a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, en especial a la facultad de Ingeniería Civil, a los docentes por inculcarnos buenos valores y conocimiento en el transcurso de nuestra vida universitaria, motivándonos a buscar siempre la excelencia.

*Rogelio Gómez y Jairo Mora*

# TABLA DE CONTENIDO

pág.

<b>TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN</b> .....	ii
<b>DEDICATORIA</b> .....	iii
<b>CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO</b> .....	v
<b>DECLARACIÓN DE AUTORÍA</b> .....	vii
<b>CERTIFICACIÓN DEL TUTOR</b> .....	viii
<b>CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA</b> .....	ix
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	x
<b>TABLA DE CONTENIDO</b> .....	xi
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xiv
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	xvi
<b>LISTA DE ANEXOS</b> .....	xviii
<b>RESUMEN</b> .....	xxi
<b>ABSTRACT</b> .....	xxii
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1. Antecedentes .....	2
1.2. Planteamiento del problema .....	2
1.3. Formulación del problema .....	3
1.4. Justificación.....	3
1.5. Objetivos de la propuesta .....	4
1.5.1. Objetivo General .....	4
1.5.2. Objetivos específicos.....	4
1.6. Hipótesis.....	4
1.7. Variables.....	4
1.7.1. Variable independiente.....	4
1.7.2. Variable dependiente.....	5
1.8. Metodología .....	5
1.9. Alcance.....	5
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	6
2.1. Definición del hormigón .....	6
2.2. Hormigón liviano .....	6
2.3. Clasificación del hormigón liviano .....	6
2.3.1. Según el método de producción .....	6
2.3.2. Según su aplicación.....	7

2.4. Hormigón celular.....	7
2.5. Métodos para la elaboración de hormigón celular .....	8
2.6. Aplicaciones .....	9
2.7. Ventajas del hormigón celular.....	10
Densidad.....	10
2.8. Desventaja del hormigón celular .....	11
2.9. Característica de los materiales .....	12
2.9.1. Cemento portland .....	12
a) Clasificación del cemento portland .....	12
2.9.2. Árido.....	14
a) Árido fino. ....	14
b) Cerámica cocida. ....	14
c) Obtención de la cerámica cocida. ....	14
2.9.3. Agua .....	17
2.9.4. Aditivos .....	19
2.9.5. Espumante .....	19
2.9.6. Equipo para generar espuma .....	19
<b>CAPÍTULO III: AGREGADOS Y METODOLOGÍA .....</b>	<b>21</b>
3.1. Generalidades .....	21
3.2. Caracterización de los materiales .....	21
3.2.1. Agregado Fino.....	21
3.2.2. Características físicas y mecánicas del agregado fino .....	22
a) Granulometría del agregado Fino. ....	22
b) Análisis Granulométrico del Agregado Fino norma NTE INEN 696 (ASTM C-136).....	22
c) Determinación de la masa unitaria (Peso volumétrico) norma NTE INEN 858 (ASTM C-29).....	26
d) Determinación del contenido total de humedad norma NTE INEN 862 (ASTM C-566).....	28
e) Densidad Saturada Superficialmente Seca y Absorción del Agregado Fino norma NTE INEN 856 (ASTM C-128).....	30
3.2.3. Cemento .....	33
3.2.4. Agua .....	34
3.2.5. Aditivo.....	34

3.2.6. Agente espumante .....	35
3.3. Diseño.....	37
3.4. Proceso de elaboración del hormigón celular.....	42
3.5. Resultados de las dosificaciones .....	43
3.5.1. Densidad aparente 1440 kg/m <sup>3</sup> – Muestra Patrón elaborado con arena ..	43
3.5.2. Densidad aparente 1200 kg/m <sup>3</sup> – Muestra Patrón elaborado con arena..	43
3.5.3. Densidad aparente 1440 kg/m <sup>3</sup> – Cerámica cocida .....	44
3.5.4. Densidad aparente 1200 kg/m <sup>3</sup> – Cerámica cocida.....	45
3.6. Llenado y curado .....	45
3.7. Ensayos del hormigón celular .....	46
3.7.1. Consistencia la mezcla norma NTE INEN 1578 (ASTM D6103-2014).	46
3.7.2. Mesa de flujo (Norma NTC 111) .....	47
3.7.3. Determinación del fraguado en el hormigón (Aguja de Vicat) norma NTE INEN 158 .....	49
3.7.4. Contenido de aire norma ASTM D-6023 .....	51
3.7.5. Peso específico y absorción Norma ASTM C 642.....	53
3.7.6. Determinación de la resistencia a la compresión .....	55
3.7.7. Determinación del ensayo a flexión .....	57
<b>CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....</b>	<b>59</b>
5.1. Análisis de consistencia del hormigón .....	59
5.2. Análisis del peso unitario y contenido de aire.....	60
5.2.1. Análisis del peso unitario en estado fresco y contenido de aire .....	60
5.2.2. Análisis del peso unitario en estado endurecido .....	61
5.3. Análisis del tiempo de fraguado del hormigón .....	62
5.4. Análisis de la mesa de flujo.....	63
5.5. Análisis de absorción y peso específico .....	64
5.6. Análisis de la resistencia a la compresión .....	65
5.7. Análisis de la resistencia a flexión .....	69
5.8. Análisis de precio unitario del hormigón celular .....	74
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>75</b>
5.1. Conclusiones .....	75
5.2. Recomendaciones.....	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	78
ANEXOS.....	82

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
Figura 1 <i>Limpieza de la cerámica</i> .....	15
Figura 2 <i>Utilización de la máquina de Abrasión</i> .....	16
Figura 3 <i>Cerámica Triturada</i> .....	16
Figura 4 <i>Imagen representativa del Agua</i> .....	17
Figura 5 <i>Máquina Generadora de Espuma</i> .....	20
Figura 6 <i>Agregado fino: Arena negra y Cerámica cocida</i> .....	21
Figura 7 <i>Curva granulométrico de la arena</i> .....	24
Figura 8 <i>Curva granulométrica de la cerámica cocida</i> .....	25
Figura 9 <i>Ensayo granulométrico del agregado fino</i> .....	26
Figura 10 <i>Ensayo de la obtención del peso volumétrico del agregado fino</i> .....	28
Figura 11 <i>Ensayo del contenido de humedad del agregado fino</i> .....	30
Figura 12 <i>Ensayo de la D.S.S y absorción del agregado fino</i> .....	33
Figura 13 <i>Cemento Holcim Tipo HE</i> .....	34
Figura 14 <i>Aditivo Plastocrete He 161</i> .....	35
Figura 15 <i>Agente Espumante RV-2020</i> .....	36
Figura 16 <i>Llenado de cilindros</i> .....	46
Figura 17 <i>Consistencia de la mezcla de hormigón celular</i> .....	47
Figura 18 <i>Fluidez de la mezcla de hormigón celular</i> .....	49
Figura 19 <i>Aparato de Vicat Manual</i> .....	50
Figura 20 <i>Tiempo de fraguado del hormigón celular</i> .....	51
Figura 21 <i>Contenido de aire en la mezcla de hormigón celular</i> .....	53
Figura 22 <i>Peso específico y absorción del hormigón celular</i> .....	55
Figura 23 <i>Modelos Típicos de Fractura</i> .....	56
Figura 24 <i>Ensayo de resistencia a la compresión</i> .....	57
Figura 25 <i>Consistencia del hormigón celular</i> .....	59
Figura 26 <i>Curva de resistencia a compresión de las muestras con arena-1200</i> <i>kg/m<sup>3</sup></i> .....	65
Figura 27 <i>Curva de resistencia a compresión de las muestras con arena-1440</i> <i>kg/m<sup>3</sup></i> .....	66
Figura 28 <i>Curva de resistencia a compresión de las muestras con cerámica</i>	

<i>cocida-1200 kg/m<sup>3</sup>.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 29 Curva de resistencia a compresión de las muestras con cerámica</i>	
<i>cocida-1440 kg/m<sup>3</sup>.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 30 Curva comparativa de resistencia a compresión de las mezclas de</i>	
<i>hormigón celular.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 31 Curva de resistencia a la flexión de las muestras con arena-1200kg/m<sup>3</sup></i>	
<i>.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 32 Curva de resistencia a la flexión de las muestras con arena- 1440 kg/m<sup>3</sup></i>	
<i>.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 33 Curva de resistencia a la flexión de las muestras con cerámica cocida-</i>	
<i>1200 kg/m<sup>3</sup>.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 34 Curva de resistencia a la flexión de las muestras con cerámica cocida-</i>	
<i>1440 kg /m<sup>3</sup>.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 35 Curva comparativa de las resistencias a la flexión del hormigón celular</i>	
<i>.....</i>	<i>73</i>



## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 <i>Requisitos físicos obligatorios para algunos tipos de cemento portland</i> ..	13
Tabla 2 <i>Análisis del agua de amasado y curado</i> .....	18
Tabla 3 <i>Especificaciones técnicas del agregado fino</i> .....	22
Tabla 4 <i>Módulo de finura del agregado fino</i> .....	25
Tabla 5 <i>Peso volumétrico del agregado fino</i> .....	27
Tabla 6 <i>Contenido total de humedad del agregado fino</i> .....	29
Tabla 7 <i>Densidad saturada superficialmente seca y absorción del agregado fino</i>	32
Tabla 8 <i>Datos técnicos del agente espumante</i> .....	36
Tabla 9 <i>Datos preliminares de los materiales utilizados</i> .....	37
Tabla 10 <i>Diseño para 1m<sup>3</sup> de hormigón celular con cerámica cocida</i> .....	42
Tabla 11 <i>Resultado de la mezcla patrón elaborado con arena (1440 kg/m<sup>3</sup>)</i> .....	43
Tabla 12 <i>Resultado de la mezcla patrón elaborado con arena (1200 kg/m<sup>3</sup>)</i> .....	44
Tabla 13 <i>Resultado de la mezcla elaborado con cerámica cocida (1440 kg/m<sup>3</sup>)</i> ...	44
Tabla 14 <i>Resultado de la mezcla elaborada con cerámica cocida (1200 kg/m<sup>3</sup>)</i> ...	45
Tabla 15 <i>Resultado de la consistencia del hormigón celular</i> .....	59
Tabla 16 <i>Resultado del peso unitario y contenido de aire del hormigón celular en estado fresco</i> .....	60
Tabla 17 <i>Resultado del peso unitario promedio del hormigón celular en estado endurecido</i> .....	61
Tabla 18 <i>Resultado del tiempo de fraguado inicial del hormigón celular</i> .....	63
Tabla 19 <i>Resultado de la fluidez de las mezclas de hormigón celular</i> .....	63
Tabla 20 <i>Resultado de absorción y peso específico del hormigón celular</i> .....	64
Tabla 21 <i>Resultados de resistencia a compresión de las muestras con arena-1200 kg/m<sup>3</sup></i> .....	65
Tabla 22 <i>Resultados de resistencia a compresión de las muestras con arena-1440 kg/m<sup>3</sup></i> .....	66
Tabla 23 <i>Resultados de resistencia a compresión de las muestras con cerámica cocida-1200 kg/m<sup>3</sup></i> .....	67
Tabla 24 <i>Resultados de resistencia a compresión de las muestras con cerámica cocida-1440 kg/m<sup>3</sup></i> .....	68

Tabla 25 <i>Resultados de la resistencia a la flexión de las muestras con arena-1200 kg/m<sup>3</sup></i> .....	69
Tabla 26 <i>Resultados de la resistencia a la flexión de las muestras con arena-1440 kg/m<sup>3</sup></i> .....	70
Tabla 27 <i>Resultados de la resistencia a la flexión de las muestras con cerámica cocida- 1200kg/m<sup>3</sup></i> .....	71
Tabla 28 <i>Resultados de la resistencia a la flexión de las muestras con cerámica cocida- 1440 kg/m<sup>3</sup></i> .....	72
Tabla 29 <i>Resultados del análisis de precio unitario para 1 m<sup>3</sup> de hormigón celular</i> .....	74

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo 1. Proceso de obtención de la cerámica cocida .....	82
Anexo 2. Ficha técnica del Plastocrete 161 HE .....	83
Anexo 3. Análisis granulométrico del Agregado fino (Arena) .....	85
Anexo 4. Análisis granulométrico del Agregado fino (Cerámica cocida).....	86
Anexo 5. Determinación del peso volumétrico suelto y densidad saturada superficialmente seca del agregado fino (Arena).....	87
Anexo 6. Determinación del peso volumétrico suelto y densidad saturada superficialmente seca del agregado fino (Cerámica cocida).....	88
Anexo 7. Determinación del porcentaje de absorción y humedad del agregado fino (Arena) .....	89
Anexo 8. Determinación del porcentaje de absorción y humedad del agregado fino (Cerámica cocida) .....	90
Anexo 9. Diseño de mezcla de hormigón celular elaborado con arena - 1200 kg/m <sup>3</sup> .....	91
Anexo 10. Diseño de mezcla de hormigón celular elaborado con arena - 1440 kg/m <sup>3</sup> .....	92
Anexo 11. Diseño de mezcla de hormigón celular elaborado con cerámica cocida - 1200 kg/m <sup>3</sup> .....	93
Anexo 12. Diseño de mezcla de hormigón celular elaborado con cerámica cocida – 1440 kg/m <sup>3</sup> .....	94
Anexo 13. Determinación del porcentaje de fluidez del hormigón celular elaborado con arena - 1200 kg/m <sup>3</sup> .....	95
Anexo 14. Determinación del porcentaje de fluidez del hormigón celular elaborado con arena – 1440 kg/m <sup>3</sup> .....	96
Anexo 15. Determinación del porcentaje de fluidez del hormigón celular elaborado con cerámica cocida – 1200 kg/m <sup>3</sup> .....	97
Anexo 16. Determinación del porcentaje de fluidez del hormigón celular elaborado con cerámica cocida – 1440 kg/m <sup>3</sup> .....	98
Anexo 17. Tiempo de fraguado del hormigón celular elaborado con arena – 1200 kg/m <sup>3</sup> .....	99

Anexo 18. Tiempo de fraguado del hormigón celular elaborado con arena – 1440 kg/m <sup>3</sup> .....	100
Anexo 19. Tiempo de fraguado del hormigón celular elaborado con cerámica cocida – 1200 kg/m <sup>3</sup> .....	101
Anexo 20. Tiempo de fraguado del hormigón celular elaborado con cerámica cocida – 1440 kg/m <sup>3</sup> .....	102
Anexo 21. Peso unitario y contenido de aire del hormigón celular en estado endurecido (Arena 1200 kg/m <sup>3</sup> ) .....	103
Anexo 22. Peso unitario y contenido de aire del hormigón celular en estado endurecido (Arena 1440 kg/m <sup>3</sup> ) .....	104
Anexo 23. Peso unitario y contenido de aire del hormigón celular en estado endurecido (Cerámica cocida 1200 kg/m <sup>3</sup> ) .....	105
Anexo 24. Peso unitario y contenido de aire del hormigón celular en estado endurecido (Cerámica cocida 1440 kg/m <sup>3</sup> ) .....	106
Anexo 25. Peso específico y absorción del hormigón celular elaborado con arena 1200 kg/m <sup>3</sup> .....	107
Anexo 26. Peso específico y absorción del hormigón celular elaborado con arena – 1440 kg/m <sup>3</sup> .....	108
Anexo 27. Peso específico y absorción del hormigón celular elaborado con cerámica cocida – 1200 kg/m <sup>3</sup> .....	109
Anexo 28. Peso específico y absorción del hormigón celular elaborado con cerámica cocida - 1440 kg/m <sup>3</sup> ) .....	110
Anexo 29. Resultados de resistencia a la compresión del hormigón celular (Arena – 1200 kg/m <sup>3</sup> ) .....	111
Anexo 30. Resultados de resistencia a la compresión del hormigón celular (Arena – 1440 kg/m <sup>3</sup> ) .....	112
Anexo 31. Resultados de resistencia a la compresión del hormigón celular (Cerámica cocida – 1200 kg/m <sup>3</sup> ) .....	113
Anexo 32. Resultados de resistencia a la compresión del hormigón celular (Cerámica cocida – 1440 kg/m <sup>3</sup> ) .....	114
Anexo 33. Resultados de resistencia a la flexión del hormigón celular (Arena – 1200 kg/m <sup>3</sup> ) .....	115
Anexo 34. Resultados de resistencia a la flexión del hormigón celular (Arena – 1440 kg/m <sup>3</sup> ) .....	116

Anexo 35. Resultados de resistencia a la flexión del hormigón celular (Cerámica cocida – 1200 kg/m <sup>3</sup> ) .....	117
Anexo 36. Resultados de resistencia a la flexión del hormigón celular (Cerámica cocida – 1440 kg/m <sup>3</sup> ) .....	118
Anexo 37. Análisis de precio unitario del hormigón celular elaborado con arena - 1200 kg/m <sup>3</sup> .....	119
Anexo 38. Análisis de precio unitario del hormigón celular elaborado con arena - 1440 kg/m <sup>3</sup> .....	120
Anexo 39. Análisis de precio unitario del hormigón celular elaborado con cerámica cocida - 1200 kg/m <sup>3</sup> .....	121
Anexo 40. Análisis de precio unitario del hormigón celular elaborado con cerámica cocida - 1440 kg/m <sup>3</sup> .....	122

# RESUMEN

**TITULO:** “DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERÁMICA COCIDA”

**Autores:** Rogelio Santiago Gómez del Pezo.

Jairo Alexi Mora Figueroa.

**Tutor:** Ing. Richard Iván Ramírez Palma, MSc.

El hormigón celular es conocido como un concreto de peso ligero, por lo tanto, se utiliza como material en elementos no estructurales que no reciben cargas y cuyo uso radica principalmente en piezas prefabricadas y mampostería. Por este motivo se realizó la presente investigación que se centra en el diseño de un hormigón celular basándose en la norma ACI 523.3R-14, teniendo como agregados principales la cerámica cocida y el espumante RV-2020, analizando las propiedades de los agregados de acuerdo con las normas NTE-INEN, ASTM; y evaluando el hormigón celular en estado fresco y endurecido. Se elaboraron especímenes con densidades de  $1200 \text{ kg/m}^3$  y  $1440 \text{ kg/m}^3$  fabricados con arena como muestra patrón y muestras elaborados con cerámica cocida. Se presentan los resultados obtenidos de los cilindros sometidos a diferentes ensayos como: fluidez, tiempo de fraguado, peso unitario, compresión y flexión. Finalmente, con los resultados obtenidos se pudo realizar el análisis para verificar si es óptimo realizar la producción del hormigón celular elaborado con cerámica cocida, presentando conclusiones y recomendaciones para futuras investigaciones.

**Palabras claves:** cerámica cocida, mampostería, fraguado, compresión, flexión.

# ABSTRACT

**TITULO:** “DESIGN OF AERATED CONCRETE BASED ON SPARKLIN WINE RV-2020 AND COOKED CERAMICS”

**Authors:** Rogelio Santiago Gómez del Pezo.

Jairo Alexi Mora Figueroa.

**Academic Advisor:** Ing. Richard Iván Ramírez Palma, MSc.

Aerated concrete is known as a lightweight concrete; therefore, it is used as a material in non-structural elements that do not receive loads and its use lies mainly in prefabricated pieces and masonry. For this reason, the present research was carried out, which focuses on the design of an aerated concrete based on the ACI 523.3R-14 standard, having as main aggregates the cooked ceramics and the foaming agent RV-2020, analyzing the properties of aggregates according to NTE-INEN, ASTM standards; and evaluating the aerated concrete in fresh and hardened state. Specimens with densities of  $1200 \text{ kg/m}^3$  and  $1440 \text{ kg/m}^3$  made of sand as a standard sample and samples made of cooked ceramic were elaborated, the results obtained from the cylinders subjected to different tests are presented, such as: fluidity, setting time, unit weight, compression and bending. Finally, with the results obtained, the analysis were carried out to verify if it is optimal to make the production of the aerated concrete made with cooked ceramic, presenting conclusions and recommendations for future research.

**Key words:** Cooked ceramic, masonry, setting, compression, bending

## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.**

El hormigón es uno de los materiales más utilizados en el ámbito de la construcción, siendo este un material compuesto significativo que permite el progreso de cualquier obra civil; motivo por el cual existe la necesidad de buscar mejores alternativas en cuanto al diseño y materiales utilizados que permitan disminuir la densidad sin bajar considerablemente su resistencia, lo que nos lleva al diseño de un hormigón celular.

Como señala (Lim et al., 2017) al hormigón celular se lo clasifica como un hormigón liviano, que según (Arapa, 2016) su densidad puede fluctuar entre 300 a 1800 kg/m<sup>3</sup>, en comparación a la de un hormigón convencional, (Panesar & materials, 2013) indica que está compuesto por cemento, agregados, agua y huecos que como señala (Guglielmi, Silva, Repette, & Hotza, 2010) puede contener entre el 50 al 80 % de burbujas de aire.

En la actualidad se busca incorporar al hormigón celular como un material innovador que permita sustituir al hormigón convencional, y según (Onprom, Chaimoon, Cheerarot, & Engineering, 2015), en los últimos años el hormigón celular se utiliza cada vez más en la construcción debido a las ventajas de reducir las dimensiones de las estructuras (Retamal, Rougier, & Escalante, 2020), indica que también poseen una excelente trabajabilidad, mayor fluidez lo que permite disminuir los costos de compactación y facilita el llenado en el encofrado, y según (Amran, Farzadnia, Ali, & Materials, 2015), debido a la baja utilización del cemento, como de los agregados, da como efecto un material respetuoso con el ambiente, aspecto que cobra un interés tanto social como económico que aumenta progresivamente (Richard, Ramli, & Technology, 2013).

El presente trabajo de titulación pretende diseñar un hormigón celular de una densidad baja, pero sin perder una resistencia considerable empleando materiales como: cerámica cocida, espumante RV-2020, agua, cemento tipo HE y aditivo, además de realizar una muestra patrón elaborado con arena que sirva como base de la investigación.



## **1.1. Antecedentes**

(Caicedo Barona & Tipán Quinatoa, 2019) Argumenta que los primeros hormigones livianos utilizados por el hombre para construir edificios aparecieron en el Imperio Romano en año 25 a.C. En ese momento, era el resultado de mezclar cemento puzolánico con materiales de baja densidad como lo es la piedra pómez, que era producido por los volcanes. Entre las estructuras realizadas con este tipo de hormigón destacan: Cúpula del Panteón de Agrupa (25 a. C.), arcos del coliseo Romano (70 d. C.) y cúpulas de grandes vanos de más de 25 metros.

Luego alrededor del año de 1917 que Stephen J, Hay de, un fabricante de bloques residente de los EEUU. desarrollo un proceso en el cual logro expandir arcillas y pizarras por medio de un horno tubular rotatorio y así obtener áridos ligeros de baja densidad. Con estos agregados se logró obtener por primera vez un hormigón de peso liviano. La primera aplicación de este tipo de hormigón fue en la fabricación de cascos de buque de hormigón armado.(livanos, 2016).

De acuerdo con (Pérez, 2011) El hormigón celular apareció en 1914 en Suecia cuando se mezclaron cemento, arena fina, cal, agua y aluminio. La mezcla fue secada en una cámara de vapor a presión para obtener lo que ahora se conoce como hormigón celular. En Europa comenzó a ser ampliamente utilizado después de la Segunda Guerra Mundial y luego se logró extender a diferentes partes del mundo como: Japón, Rusia, Asia y Estados Unidos.

## **1.2. Planteamiento del problema**

En el área de la construcción, a través del tiempo, el hombre ha buscado nuevas y mejores alternativas para el buen desarrollo de cualquier obra civil. Desde el comienzo de los tiempos se han implementado diferentes recursos que puedan satisfacer necesidades que va imponiendo la sociedad.

En la actualidad debido a los avances tecnológicos, son cada vez más las exigencias en el mercado de la construcción. Siendo el hormigón uno de los componentes principales en cualquier obra, se ve en la necesidad de buscar nuevos estudios de materiales que permitan mejorar sus propiedades. Por ende, se realiza esta

investigación que trata sobre el hormigón celular, que es un material que tiene propiedades específicas de mayor beneficio que la de un hormigón tradicional. A la par de esto, también se considera el crecimiento demográfico que se da cada año en este ámbito, y por la alta demanda de adquirir una vivienda que brinde conformidad, seguridad y que sea de un costo accesible para la sociedad.

Para elaborar un hormigón es muy importante evaluar los agregados que lo conforman y también estudiar las reacciones que pueden causar la sustitución de algunos elementos, así como la adición de diferentes aditivos.

### **1.3. Formulación del problema**

¿Qué propiedades se modifican en el hormigón celular al adicionar espumante RV-2020, cerámica cocida y aditivo?

### **1.4. Justificación**

Para la elaboración de diferentes tipos de hormigón se deben cumplir con diferentes parámetros, en esta investigación se pretende analizar y comparar lo que ocurre cuando se reemplaza la arena con la cerámica cocida, además de utilizar un nuevo espumante denominado RV-2020 y aditivo Plastocrete He-161 a la mezcla de hormigón celular, es muy importante conocer lo que provoca a la mezcla estos componentes mencionados para verificar si su uso va a ser favorable.

Con la presente investigación se da a conocer que existen diferentes alternativas dentro del ámbito de la construcción, al utilizar desechos que arrojan en la construcción de edificaciones o de otros tipos de obras, usando métodos en la elaboración de hormigones de baja densidad sometido a un buen control de calidad y que puedan cumplir con las normas de durabilidad y resistencia.

Al convertirse la vivienda en una necesidad imperiosa en la colectividad y por los recursos económicos limitados que presentan la mayoría de las personas; el uso del hormigón celular ofrece una alternativa importante, y permitirá que diversas familias puedan acceder a una vivienda, que brinde confort y calidad a costos accesibles.

El uso de hormigones de baja densidad tiene varias ventajas como alcanzar luces más grandes, columnas esbeltas, secciones de menor tamaño, y rapidez en la construcción.

## **1.5. Objetivos de la propuesta**

### ***1.5.1. Objetivo General***

Obtener un hormigón celular en base a espumante RV-2020 y cerámica cocida con una densidad menor a  $2400 \text{ kg/m}^3$  y una resistencia a la compresión mayor a 6.5 MPa.

### ***1.5.2. Objetivos específicos***

- Caracterizar los componentes utilizados en el diseño de la dosificación del hormigón celular como la cerámica cocida, cemento, agua, arena, aditivo y agente espumante.
- Diseñar la dosificación del hormigón celular patrón elaborado con arena, cemento, espumante, agua y aditivo.
- Diseñar la dosificación del hormigón celular reemplazando la arena por la cerámica cocida.
- Determinar las propiedades físico-mecánicas del hormigón celular patrón y de la mezcla elaborada con cerámica cocida.
- Realizar el análisis de precio unitario de los diferentes diseños de mezclas de hormigón celular.

## **1.6. Hipótesis**

Demostrar que la incorporación del espumante RV-2020 ayudará a que el hormigón alcance una densidad relativamente baja, además de la implementación del aditivo y mediante el reemplazo de la arena por la cerámica cocida permitirá que el hormigón celular no baje su resistencia.

## **1.7. Variables**

### ***1.7.1. Variable independiente***

Cerámica cocida

Arena

Cemento tipo HE

### ***1.7.2. Variable dependiente***

Resistencia del Hormigón Celular

Densidad del Hormigón Celular

## **1.8. Metodología**

El presente trabajo de titulación presenta un estudio con materiales alternativos para la producción de un hormigón celular en base a espumante RV-2020 y cerámica cocida, para ello se tendrá en consideración lo siguiente:

- Recopilación de información de revistas científicas, normas, trabajos de titulación previamente realizadas que están relacionadas con el tema propuesto.
- Caracterización de los agregados empleados para la elaboración del hormigón celular.
- Diseño del hormigón celular elaborado con espumante RV-2020 y cerámica cocida cumpliendo con la norma ACI 523.3R-14
- Análisis de los materiales y del hormigón celular de acuerdo con las normas NTE INEN y ASTM.
- Elaboración de conclusiones y recomendaciones.

## **1.9. Alcance**

El siguiente proyecto investigativo se limita al estudio de los áridos como la cerámica cocida proveniente de los desechos de obras civiles, cemento Portland tipo He, agente espumante, y al curado que se realizará por sumersión en agua hasta la edad de rotura, se estudiará el comportamiento de la propiedad mecánica del hormigón celular; en lo que se refiere a: resistencia a la compresión, flexión, tiempo de fraguado y fluidez de la mezcla.

# CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

## 2.1. Definición del hormigón

Según,(Abanto, 2009), el hormigón o concreto es una mezcla de agregados y pasta de cemento, que a través de una reacción química entre el cemento y el agua producen una masa compacta parecida a la de una roca cuya densidad esta entre 2200 a 2400 kg/m<sup>3</sup>, los agregados ocupan del 60 al 75 % del volumen total del hormigón y a su vez influyen en la resistencia mecánica y densidad final del hormigón, al que también se le pueden agregar diferentes aditivos que permiten modificar o mejorar las propiedades del concreto.

## 2.2. Hormigón liviano

Según (Neville, 2013), se trata de hormigones que mediante métodos en el proceso de fabricación reducen su densidad respecto a la de un hormigón convencional de cemento, agua, grava y arena. Se producen con áridos ligeros (hormigón totalmente ligero) o con una combinación de áridos ligeros y normales. Generalmente se considera un hormigón liviano si la densidad es inferior a 1900 kg/m<sup>3</sup> y superior a 1350 kg/m<sup>3</sup>.

## 2.3. Clasificación del hormigón liviano

El hormigón liviano se puede clasificar en dos tipos: dependiendo del método de producción y de acuerdo con su aplicación.

### 2.3.1. *Según el método de producción*

- **Hormigón de agregado liviano**

De acuerdo con (Yoc Chamalé, 2018) se emplean agregados de peso ligero generalmente de aspecto poroso y de baja densidad, en vez de utilizar agregados de peso normal cuya densidad relativa oscila entre 2,6. En este método se puede utilizar tanto agregado fino como grueso. Se prefiere generalmente para propósitos

estructurales, donde su uso interfiere en costos estructurales.

- **Hormigón sin finos**

Se excluyen los áridos finos, por lo que se presenta una gran cantidad de vacíos. El árido grueso no se altera.(Rengifo Cuenca & Yupangui Cushicondor, 2013).

- **Hormigón espumoso, aireado o celular**

Como menciona (Yoc Chamalé, 2018), su composición está basada en cemento, agua, gas o espuma elaborada, no contiene áridos sólidos en altos porcentajes y generalmente tiene un rango bajo de densidad. Durante el proceso de fabricación primero se mezcla el cemento, arena y agua, luego se agrega un agente químico o espumante hasta lograr una consistencia celular.

### ***2.3.2. Según su aplicación***

- **Aplicación del hormigón ligero en aislamiento**

Los productos que tienen la posibilidad de usarse con el hormigón ligero son incontables. Se usa primordialmente para muros divisorios con objetivos de aislamiento térmico por su baja conductividad térmica, además como protección contra el fuego. También se puede emplear estructuralmente mediante bloques o elementos prefabricados curados a vapor, y en construcción de pisos.

- **Hormigón ligero estructural**

(Elizondo Fócil) Expresa que la mezcla de esta clase de hormigón se fabrica a base de agregado ligero. En algunos casos se usa para reemplazar parcial o totalmente por agregado ligero. Los agregados ligeros más usados en el hormigón de uso estructural que cumplen con las normas establecidas en la ASTM C 330 son: arcilla expandida, esquistos y pizarra por su composición porosa. Además, se han usado otros materiales como ceniza volante y escoria.

## **2.4. Hormigón celular**

El ACI 523.2r-96 define al hormigón celular como “un producto ligero que está

formado por cemento Portland y/o cal con material fino de silíceo, como arena, escoria o también ceniza volante, combinado con agua para poder formar una pasta que contiene una estructura de células vacías homogéneas, la cual se logra conseguir mediante la incorporación de huecos resultado de una reacción química de liberación de gas o mediante la inclusión mecánica de otros tipos de gases”.

## **2.5. Métodos para la elaboración de hormigón celular**

Debido a que existen varios métodos para la fabricación de hormigones celulares, se realizará una breve explicación sobre estos métodos:

### **Hormigón celular con inclusión de burbujas**

De acuerdo al procedimiento utilizado para la preparación, las células se pueden dividir en dos grandes grupos dependiendo de cómo se derive la mezcla.(Arbitó, 2016):

- Hormigón Celular por desprendimiento de gas.
- Hormigón Celular con base de espuma.

### **Hormigón Celular por desprendimiento gaseoso**

Según (Arbitó, 2016) las células o burbujas se obtienen mediante una reacción química que resulta por el desprendimiento de gases.

Se conocen 3 tipos de procedimiento para la generación de burbujas (Arbitó, 2016):

- 1) Incluir dos productos químicos que reaccionan entre sí en presencia del agua de mezclado y provocan un desprendimiento de gas.
  - Ácido clorhídrico y bicarbonato de sodio, con desprendimiento de gas carbónico.
  - Cloruro de cal y agua oxigenada, con desprendimiento de oxígeno.
  - Carburo de calcio y agua, con desprendimiento de acetileno.
- 2) Incluir a la mezcla de un producto químico capaz de reaccionar con el cemento en presencia del agua y causar un desprendimiento de gas.
  - Polvos metálicos (calcio, aluminio, magnesio, zinc, bario, litio).
  - Sales (carbonatos, bicarbonatos).
- 3) Incluir a la mezcla de un producto capaz de causar un desprendimiento de gas por medio de la fermentación bajo el efecto

del calor de hidratación del cemento tal como:

- Levaduras orgánicas
- Fermentaciones lácticas

### **Hormigón celular en base de espuma**

La formación de alveolos dentro del bloque de hormigón es el resultado de la incorporación de un agente espumante a la mezcla, lo que produce espuma con burbujas de aire cuando se agita, al endurecer la mezcla las burbujas quedan atrapadas para formar células finas que no están conectadas entre sí. En principio cualquier producto de espuma puede usarse para este propósito, pero la presencia del agua y el proceso de mezclado reducen la tensión superficial lo que provoca que se rompan las burbujas. (Arbitó, 2016)

### **Hormigón celular con áridos livianos**

(Arbitó, 2016), Argumenta que, en la fabricación de hormigones livianos, la arena (agregado) se puede reemplazar parcial o completamente por diferentes agregados livianos. La mezcla de concreto consiste en agregados livianos, que pueden ser escorias de altos hornos, piedra pómez, arcilla o lutita (cocida para desarrollar estructuras porosas), polietileno expandido.

## **2.6. Aplicaciones**

Se sabe que la resistencia del hormigón está relacionada directamente con su densidad, por lo general la densidad de los hormigones celulares está comprendida entre 300 y 1800 kg/m<sup>3</sup>.

- **Hormigón celular con densidad entre 300-600 kg/m<sup>3</sup> (elaborado con cemento y espuma).** Se utiliza en cubiertas y pisos como aislador térmico y acústico sobre superficies rígidas, como subbase en campos deportivos y pavimentos rígidos, para proteger estructuras metálicas contra el fuego, en rellenos donde se requiera propiedades de aislamiento y además de llenar espacios vacíos de mampostería.
- **Hormigón celular con densidad ente 600 – 900 kg/m<sup>3</sup> (elaborado con arena, cemento y espuma).** Se utiliza para la elaboración de bloques y



paneles prefabricados para revestimiento o tabiques, losas para cielos falsos, en edificios residenciales como capas para aislamiento térmico y acústico.

- **Hormigón celular con densidad entre 900 – 1200 kg/m<sup>3</sup> (elaborado con arena, cemento y espuma).** Se utiliza en los exteriores de edificios como bloques o paneles de hormigón, además como paredes divisoras; como base y subbase para pavimentos elásticos.
- **Hormigón celular con densidad entre 1200 – 1600 kg/m<sup>3</sup> (elaborado con arena, cemento y espuma).** Se utiliza en paneles prefabricados de cualquier tamaño ya sea para uso comercial o industrial. Para fundir muros y elementos ornamentales.
- **Hormigón celular con densidad entre 1600 – 1800 kg/m<sup>3</sup> (elaborado con arena, cemento y espuma).** Este tipo de hormigón celular es ideal para llenar todo tipo de zanjas, con mayor beneficio que el relleno tradicional de materiales granulares. Este hormigón logra fluir por debajo y alrededor de tuberías, incluso en lugares de difícil acceso además asegura un apoyo uniforme y evita la formulación de vacíos.(Mejía Espinosa, 2010)

## **2.7. Ventajas del hormigón celular**

### **Densidad**

Debido a la baja densidad del hormigón celular, el diseño se puede aligerar y la carga se puede reducir según la aplicación. Por ejemplo, en el caso de los bloques, esto permite reducir el peso de la estructura. Además, debido a su baja densidad, se puede decir que los esfuerzos transversales de la estructura permiten minimizar las cargas sísmicas.(Robalino Villagomez, 2016)

### **Humedad**

En los hormigones celulares, los procesos de capilaridad y absorción son más lentos que en los sistemas tradicionales debido a su estructura porosa.(Robalino Villagomez, 2016)

### **Aislamiento térmico**

El aditivo espumante que posee el hormigón celular produce una gran cantidad de huecos en la mezcla, la cual contienen burbujas de aire no conectadas entre sí. Una vez que el hormigón se endurece crea un material más termoaislante. Esto permite el ahorro de energía y confort térmico.(Robalino Villagomez, 2016)

### **Velocidad de construcción**

El hormigón celular tiene una muy buena consistencia debido a la ausencia de árido grueso y la espuma que proporciona trabajabilidad. Esta mezcla se auto nivela, es decir, se distribuye uniformemente y permite llenar cualquier vacío. No se necesita vibración.(Robalino Villagomez, 2016)

### **Resistente al fuego**

El hormigón celular es un material no inflamable y su conductividad térmica es muy baja. Debido al bajo flujo de calor del material, se puede aplicar a sistemas de protección contra incendios.(Robalino Villagomez, 2016)

### **Aislamiento Acústico**

Las vibraciones generadas por impactos se comportan de una manera completamente diferente. La cantidad de masa interpuesta no supone un obstáculo significativo para la propagación de ondas de baja frecuencia y la única forma de atenuarlas es interferir con un material que absorba vibraciones. La estructura porosa del agregado ligero actúa como un amortiguador de ondas de vibración, proporcionando un aislamiento eficaz.(Álvarez Palacios & Sáez Bravo, 2012)

## **2.8. Desventaja del hormigón celular**

- En proyectos a pequeña escala resulta económicamente más costoso, debido a que el objetivo principal del hormigón celular es la disminución de cargas de la estructura lo que provoca un diseño más barato. Si el proyecto es pequeño, la disminución de las cargas no afectará en gran parte al aspecto económico.(Izquierdo & ORTEGA RIVERA, 2017).
- Su uso se limita a la baja resistencia del hormigón celular. Esto debe

equilibrarse con diferentes propiedades y se analizará su uso adecuado.

- El concreto celular es vulnerable a ataques químicos debido a su elevada porosidad.(Izquierdo & ORTEGA RIVERA, 2017).
- Estricto estándar de calidad en la producción del hormigón debido a que cualquier modificación puede producir una mezcla irregular con propiedades no requeridas.(Izquierdo & ORTEGA RIVERA, 2017).

## **2.9. Característica de los materiales**

### **2.9.1. Cemento portland**

Cemento hidráulico producido por pulverización de Clinker, consiste esencialmente de silicatos cálcicos hidráulicos cristalinos y que usualmente contiene uno o más de los siguientes elementos: agua, sulfato de calcio, hasta 5% de piedra caliza y adiciones de proceso("CEMENTO HIDRAULICO, DEFINICION DE TERMINOS," 2010).

- a) **Clasificación del cemento portland.** Debido a la utilización del cemento en todo tipo de obra civil, con el paso del tiempo se ha ido innovando nuevas tecnologías en cuanto a tipos de cemento que puedan cumplir con las normas establecidas y que permitan satisfacer los requerimientos que requiere una obra.

Afirma (Vásquez, 2012), que las normas NTE IENN 152/ASTM C150 Y NTE INEN 2380/ASTM C1157 muestran la siguiente clasificación del cemento:

#### **Cementos por su desempeño**

- **Tipo GU:** Para uso en general.
- **Tipo HE:** Para hormigón de alta resistencia inicial.
- **Tipo MS:** Para moderada resistencia a los sulfatos.
- **Tipo HS:** Alta resistencia a los sulfatos.
- **Tipo MH:** Para moderado calor de hidratación.
- **Tipo LH:** Para Bajo calor de hidratación.

- **Opción R:** Baja reactividad con agregados álcali-reactivos.

### Cementos puros

- **Tipo I:** De uso común.
- **Tipo II:** Moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación.
- **Tipo III:** Elevada resistencia inicial.
- **Tipo IV:** Bajo calor de hidratación.
- **Tipo V:** Elevada resistencia a la acción de los sulfatos.
- **Tipo IA, IIA, IIIA:** Incorporadores de aire.

**Tabla 1**

*Requisitos físicos obligatorios para algunos tipos de cemento portland*

CONCEPTO	TIPO DE CEMENTO						
	PUROS		COMPUESTOS		POR DESEMPEÑO		
	INEN 152		INEN 490		INEN 2380		
	I	II	IP-I(PM)	IP(MS)	GU	HE	MS
Contenido de aire en el mortero % máximo	12	12	12	12	(*)	(*)	(*)
Finura (m <sup>2</sup> /kg) mínimo							
Turbidímetro	160	160	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
Permeabilidad del aire	260	280	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
Expansión en autoclave % mínimo	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Contracción en autoclave % máximo	-	-	0,20	0,20	0,80	0,80	0,80
Resistencia a los sulfatos Expansión a 180 días % máximo:	-	-	(**)	0,10	-	-	0,10
Tiempo de fraguado inicial							
Método de Vicat (minutos)							
No menor a:	45	45	45	45	45	45	45
No mayor a:	375	375	420	420	420	420	420
Resistencia a compresión (MPa)							
1 día mínimo:	-	-	-	-	-	10,0	-
3 días mínimo:	12,0	10,0	13,0	11,0	10,0	17,0	10,0
7 días mínimo:	19,0	17,0	20,0	18,0	17,0	-	17,0
28 días mínimo:	28	28	25	25	-	-	-

Nota: Tabla tomada del ("INECYC & APRHOPEC," 2007)

### 2.9.2. *Árido*

Como expresa (Lazo Arraya, 2017), los agregados deben ser duros, inertes, no expansivos, no porosos, limpios, con forma y tamaño que cumplan las especificaciones. Además, libres de sulfatos, sales y compuestos orgánicos. No reactivo al ambiente alcalino del cemento ya que estos influyen en la contracción, plasticidad y propiedades térmicas del concreto.

a) **Árido fino.** (Jacinto Aquino, 2021) Define a aquel agregado que pasa por el tamiz 9,5 mm (3/8 pulg) y queda retenido en el tamiz estandarizado 74  $\mu\text{m}$  (N° 200), el cual puede consistir en arena natural, arena procesada o la combinación de ambas.

b) **Cerámica cocida.** Cabe mencionar que para la obtención de la cerámica se visitó diferentes lugares en donde se llevaba a cabo el proceso constructivo de viviendas, en la cual se procedió a la recolección de desperdicios de baldosas, y también se obtuvo el material en demoliciones de casas y edificios.

La cerámica es un material común en la construcción para el revestimiento de pavimentos y paredes, puesto que posee una gran variedad de ventajas para su uso como resistencia a agentes climáticos, a la abrasión y no requiere de un mantenimiento, entre la principal materia prima para la elaboración de la cerámica esta la arcilla, y otros componentes como fundentes, sílices, colorantes, etc.

c) **Obtención de la cerámica cocida.** Para la obtención de la cerámica cocida se realizaron las siguientes actividades:

- **Selección y recolección de la materia prima**

La materia prima que se utilizó fue la baldosa obtenida de desperdicios de obras civiles, además de demoliciones de edificios y viviendas.

En la recolección de la cerámica se procedió a seleccionar la cerámica que no contenía mayor cantidad de resina y cemento.

- **Limpieza de la cerámica**

En la limpieza utilizamos un cincel y martillo para desprender los pequeños residuos de resina que contenían ciertas cerámicas y por consiguiente fue lavado y dejándolo al ambiente para que proceda al secado como se observa en la figura 1.

**Figura 1**

*Limpieza de la cerámica*



Nota: Imagen representativa del proceso de limpieza de la cerámica.

- **Trituración de la cerámica**

El proceso de trituración de la cerámica se la realizo de dos maneras:

De forma manual mediante la utilización de un martillo y aplicándole golpes a la cerámica hasta poder obtener pequeñas fracciones de aproximadamente 2 pulgadas, después de conseguir una cierta cantidad considerable de material se optó por utilizar la máquina de abrasión como se muestra en la figura 2; para utilizar la máquina se pesa cierta cantidad de muestra y se la coloca en el interior, y mediante giros y la utilización de bolas de acero, permiten obtener un material granular fino, tomando en cuenta que cumpla con las especificaciones técnicas requeridas para diseñar un hormigón celular.

**Figura 2**

*Utilización de la máquina de Abrasión*



Nota: Imagen representativa del proceso de trituración de la cerámica

**Figura 3**

*Cerámica Triturada*



Nota: Imagen representativa del resultado de la cerámica triturada

### 2.9.3. Agua

De acuerdo con (Harmsen, 2005), el agua utilizada en la mezcla debe estar limpia, libre de cantidades de aceites perjudiciales, ácidos, álcalis, sales y materia orgánica. Normalmente, el agua potable es apta para el hormigón. La función principal del agua es la de hidratar el cemento, pero también se lo puede utilizar para mejorar la trabajabilidad de la mezcla. Ver figura 4

(Chica, Alzate, & Materials, 2019), Expresa que la cantidad de agua requerida para la producción de hormigones celulares depende de algunos factores como: trabajabilidad, tipo de relleno y composición de los materiales aglutinantes. Además de que un bajo contenido de agua crea mezclas rígidas y hace que se rompan las burbujas; un alto contenido de agua crea mezclas finas lo que provoca una segregación de los materiales.

#### **Figura 4**

*Imagen representativa del Agua*





**Tabla 2***Análisis del agua de amasado y curado*

<b>Determinación</b>	<b>Limitación</b>	<b>Riesgos que se corren</b>	<b>Observaciones</b>
<b>PH</b>	Mínimo 5	Alteraciones en el fraguado y endurecimiento. Disminución de resistencia de durabilidad.	PH en un límite de 5 a 8.
<b>Contenidos en sulfato</b>	Máximo 1 gramo por litro	Alteraciones en el fraguado y endurecimiento; pérdidas de resistencia. Puede resultar gravemente afectada la durabilidad del hormigón.	Se debe ser más estricto con el agua de curado.
<b>Contenido en ion cloro</b>	Máximo 6 gramos por litro	Corrosión de armaduras u otros elementos metálicos. Otras alteraciones del hormigón.	Para hormigón en masa puede elevarse el límite de tres a cuatro veces.
<b>Hidratos de carbono</b>	No deben apreciarse	El hormigón no fragua. Otras alteraciones en el fraguado y endurecimiento.	Alteran profundamente el mecanismo de fraguado
<b>Sólidos totales disueltos</b>	Máximo 15 gramos por litro	Aparición de eflorescencia u otro tipo de manchas. Pérdidas de resistencias mecánicas	Por sustancias disueltas se entiende el residuo salino seco que se obtiene por evaporación de agua.

Nota: Tomada de (Montoya, Meseguer, &amp; Cabré, 2000)

#### **2.9.4. Aditivos**

Según (Rivera, 2006), el aditivo es un componente químico, que se utiliza en la dosificación debajo del 5% de la masa del cemento, distinta de los agregados, cemento, agua y fibras de refuerzo que se añaden como ingredientes de la mezcla, ya sea del hormigón o mortero y se agrega a la mezcla antes o durante el proceso de mezclado, con el objetivo de mejorar ciertas propiedades físicas, de forma que el hormigón se adapte a los requerimiento de la obra.

La norma ASTM C494 presenta la siguiente clasificación de aditivos.

- **TIPO A:** Reductor de agua
- **TIPO B:** Retardador de fraguado
- **TIPO C:** Acelerador de fraguado
- **TIPO D:** Reductor de agua y acelerador
- **TIPO F:** Reductor de agua de alto efecto
- **TIPO G:** Reductor de agua de alto efecto y retardador (ASTM C494)

#### **2.9.5. Espumante**

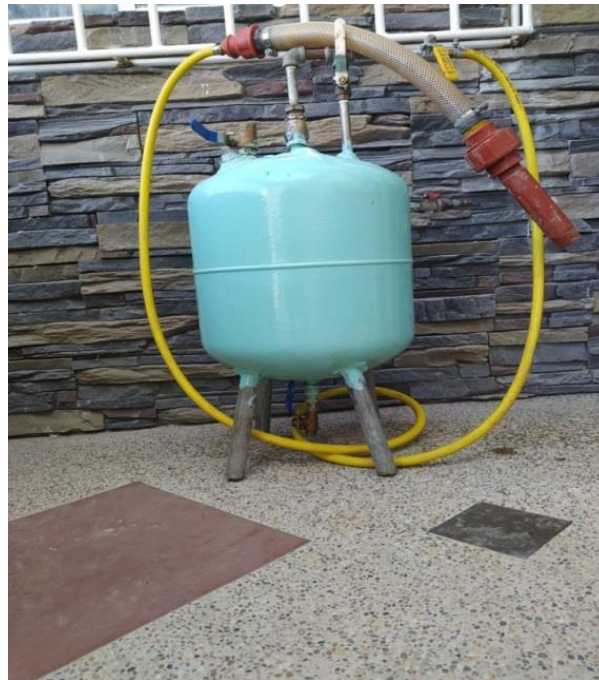
(Rengifo Cuenca & Yupangui Cushicondor, 2013), menciona que la composición química de la espuma se basa en proteínas estabilizadoras, agua y agentes tenso-activo; este tipo de espumante es biodegradable y además ayuda a atrapar el aire por medio de la espuma que se forma, sin la necesidad de ocasionar alguna reacción química con los demás materiales utilizados, y obteniendo después del fraguado un material de baja densidad con una gran cantidad de huecos en su interior.

#### **2.9.6. Equipo para generar espuma**

De acuerdo con (Cevallos Macias & Gonzabay Asencio, 2020), existen muchas formas de obtener la espuma, por lo que se opta por producirla con una máquina compuesta por una bomba neumática de diafragma y un compresor de aire que en conjunto proporcionan la espuma necesaria para mezclar el hormigón celular, como se muestra en la figura 5 .

**Figura 5**

*Máquina Geradora de Espuma*



## CAPÍTULO III: AGREGADOS Y METODOLOGÍA

### 3.1. Generalidades

En este capítulo se detallan las propiedades de los materiales utilizados en la producción de las muestras de hormigón celular para su posterior análisis. El espécimen elaborado con cerámica cocida y espumante RV-2020 será comparado con una muestra patrón elaborado con arena lo que definirá si las muestras analizadas lograrán obtener la resistencia requerida.

A continuación, se presentan los ensayos realizados a los materiales utilizados sujetos a normas estipuladas y la dosificación requerida para obtener un hormigón celular óptimo incluyendo aditivo.

### 3.2. Caracterización de los materiales

#### 3.2.1. Agregado Fino

Se conoce al agregado fino al conjunto de partículas provenientes de la desintegración natural o artificial de rocas, con diferentes gradaciones utilizado en la elaboración de hormigones o en otro tipo de usos, este agregado ocupa en mayor parte en volumen y peso de la mezcla de hormigón. Para la elaboración del hormigón celular se utilizó arena negra (fina) para la mezcla patrón y cerámica cocida para la segunda dosificación, como se muestra en la figura 6.

#### Figura 6

*Agregado fino: Arena negra y Cerámica cocida*



Nota: imagen representativa de los agregados utilizados para la dosificación del hormigón celular.

### 3.2.2. Características físicas y mecánicas del agregado fino

- a) **Granulometría del agregado Fino.** Según el ACI 523.3R-14, el agregado fino para la elaboración del concreto celular debe cumplir con las normas ASTM C33/ C33M, C144, C330/ C330M o C332.

Una excelente granulometría que cumple con los parámetros establecidos permitirá una mejor cohesión y trabajabilidad a cualquier tipo de hormigón, ver tabla 3.

**Tabla 3**

*Especificaciones técnicas del agregado fino*

TAMIZ		ESPECIFICACIONES ASTM
N°	Mm	PORCENTAJE QUE PASA
3/8	9,5 mm	100
4	4,75 mm	95-100
8	2,36 mm	80-100
16	1,18 mm	50-85
30	600 µm	25-60
50	300 µm	5-30
100	150 µm	0-10

Nota: La tabla presenta los límites superior e inferior permitidos para el ensayo granulométrico del agregado fino. Tabla tomada de la Norma ASTM C33

- b) **Análisis Granulométrico del Agregado Fino norma NTE INEN 696 (ASTM C-136).** El ensayo de granulometría consiste en hacer pasar una muestra representativa del agregado por una serie de tamices con aberturas que deben estar ordenadas en forma decreciente.

El módulo de finura es una constante que indica el grosor promedio de las partículas que conforman el agregado.

### **Equipos**

- Balanza con una aproximación y exactitud de 0,1g o 0,1% de la masa del agregado.
- Serie de tamices que cumpla con la norma ASTM C136.
- Brocha y cepillo.
- Horno capaz de mantener temperatura estable de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

### **Cantidad de Muestra**

La cantidad de muestra para el ensayo será de 300g como mínimo después de secado al horno.

### **Procedimiento.** Revisar Anexo 3 y 4

- Secar la muestra al horno a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Pesar la muestra a ensayarse en una balanza.
- Seleccionar los tamices apropiados para facilitar la información requerida por la norma.
- Ordenar los tamices de manera decreciente dependiendo del tamaño de su abertura y se coloca la muestra en el tamiz superior.
- Agitar los tamices de forma manual por un periodo breve.
- Colocar las partículas retenidas en cada malla en una tara con su correspondiente peso. Con ayuda del cepillo y la brocha puede extraer todo el material retenido.

### **Cálculos**

#### **% Retenido**

$$R = \frac{P_P}{P_T} \times 100$$

#### **Dónde:**

**R** = Porcentaje parcial retenido en el tamiz n, %

**P<sub>P</sub>** = Peso parcial retenido en el tamiz n, gr

**P<sub>T</sub>** = Peso total de la muestra, gr

## Módulo de Finura

$$MF = \frac{\sum R}{100}$$

Dónde:

**MF**= Modulo de finura.

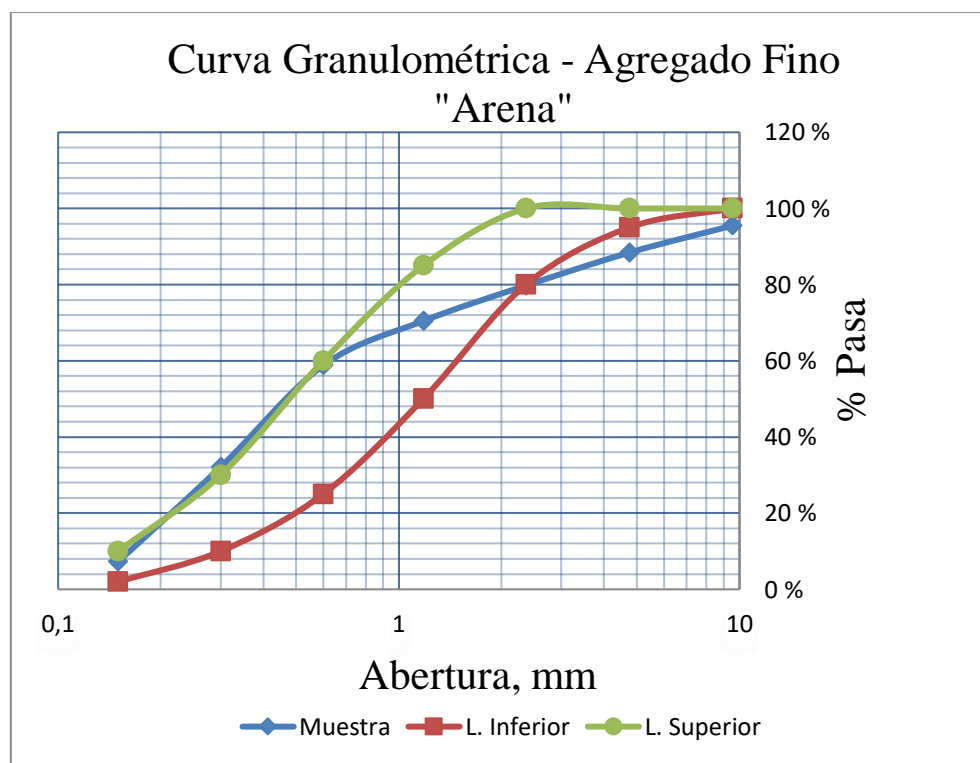
$\sum R$ = Suma de los porcentajes acumulados retenidos en los tamices utilizados.

## Resultados

Para el presente trabajo de investigación se ha verificado la granulometría y calculado el módulo de finura de la arena y cerámica cocida utilizados en la elaboración del hormigón celular. Los resultados se muestran en la tabla 4, figura 7 y 8

### Figura 7

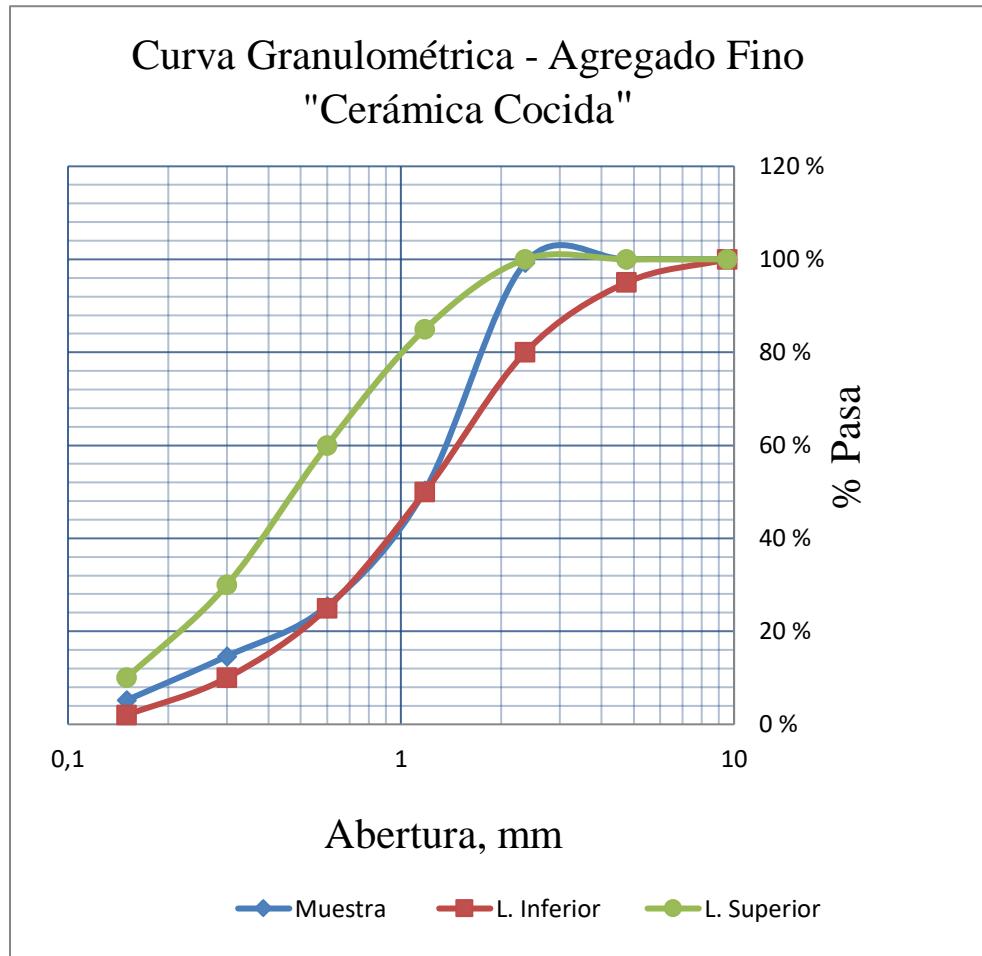
*Curva granulométrico de la arena*



Nota: Curva representativa del ensayo granulométrico de la arena.

**Figura 8**

*Curva granulométrica de la cerámica cocida*



Nota: Curva representativa del ensayo granulométrico de la cerámica cocida.

**Tabla 4**

*Módulo de finura del agregado fino*

Ítems	Módulo de Finura
Arena	2,68
Cerámica cocida	3,05

Nota: Resultado del módulo de finura de la arena y cerámica cocida.



## Figura 9

### *Ensayo granulométrico del agregado fino*



Nota: procedimiento del ensayo granulométrico de acuerdo a la norma NTE INEN 696

- c) **Determinación de la masa unitaria (Peso volumétrico) norma NTE INEN 858 (ASTM C-29).** Este método de ensayo es utilizado para determinar la masa unitaria (peso volumétrico) del agregado, en estado suelto o compactado y calcular los vacíos entre las partículas del agregado fino, grueso o la combinación entre ellos.

### **Equipos**

- Balanza con una aproximación y exactitud de 0,05 kg o 0,1% de la masa del agregado.
- Varilla de compactación lisa de aproximadamente 600 mm de longitud y 16 mm de diámetro.
- Recipiente cilíndrico de metal que sea impermeable y que cumpla con las especificaciones NTE INEN 858 (ASTM C29).
- Cucharón o pala para facilitar el vaciado.

**Procedimiento.** Revisar Anexo 5 y 6.

- Registrar la masa y volumen del recipiente a utilizar.
- Colocar el molde en una superficie plana libre de vibraciones.
- Vaciar el agregado a una altura no mayor a 50 mm de la parte superior del molde, prevenir la segregación de las partículas.
- Nivelar la superficie del agregado con la varilla o una regleta.
- Registra el peso del molde con el agregado.

**Cálculos**

$$M = \frac{G - T}{V}$$

**Dónde:**

**M**= Masa unitaria (peso volumétrico) del agregado, Kg/m<sup>3</sup>.

**G**= Masa del árido más el cilindro, Kg

**T**= Masa del molde, kg

**V**= Volumen del molde, kg

**Resultados**

Los resultados se registran en la tabla 5.

**Tabla 5**

*Peso volumétrico del agregado fino*

<b>Ítems</b>	<b>Peso Volumétrico</b>
<b>Arena</b>	1222,75 kg/m <sup>3</sup>
<b>Cerámica cocida</b>	1280,75 kg/m <sup>3</sup>

Nota: Resultado del peso volumétrico de la arena y la cerámica cocida.

## Figura 10

*Ensayo de la obtención del peso volumétrico del agregado fino*



Nota: Procedimiento del ensayo de masa unitario según la norma NTE INEN 858

- d) Determinación del contenido total de humedad norma NTE INEN 862 (ASTM C-566)** Este ensayo nos permite obtener el porcentaje de humedad que contienen los agregados utilizados en la mezcla, para poder corregir la cantidad de agua requerida y evitar problemas de trabajabilidad en el hormigón celular.

### Equipos:

- Balanza con una aproximación y exactitud de 0,1 g o 0,1 %.
- Horno capaz de mantener temperatura estable de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Recipiente que no se vea afectado con el calor, de volumen óptimo para contener la muestra sin peligro a derramarse.
- Agitador de metal de tamaño conveniente.

### Cantidad de Muestra:

La cantidad de muestra se define dependiendo del tamaño nominal del agregado.

**Procedimiento.** Revisar Anexo 7 y 8.

- Determinar la cantidad de muestra con una aproximación de 0,1g.
- Secar la muestra en el recipiente establecido teniendo en cuenta la temperatura del horno, puesto que a una mayor cantidad de calor ocasiona que las partículas exploten, resultando en la pérdida de material.
- Agitar el recipiente para permitir el secado uniforme.
- Dejar la muestra durante varios minutos a una temperatura ambiente.
- Determinar la cantidad de muestra seca con una aproximación de 0,1g

**Cálculos:**

$$H = \left( \frac{A - B}{B} \right) * 100$$

**H=** Porcentaje de humedad.

**A=** Muestra húmeda.

**B=** Muestra seca.

**Resultados**

Los resultados se registran en la tabla 6.

**Tabla 6**

*Contenido total de humedad del agregado fino*

<b>Contenido total de humedad</b>		
<b>Ítems</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
<b>Arena</b>	4,36	%
<b>Cerámica</b>	4,96	%
<b>Cocida</b>		

Nota: Resultado del contenido total de humedad de la arena y cerámica cocida.

## Figura 11

*Ensayo del contenido de humedad del agregado fino*



Nota: Procedimiento del ensayo de contenido total de humedad según la norma NTE INEN 862

- e) **Densidad Saturada Superficialmente Seca y Absorción del Agregado Fino norma NTE INEN 856 (ASTM C-128).** La aplicación de este ensayo ayuda a determinar la densidad superficialmente saturada y la absorción del agregado fino, se desprecia el volumen de vacío de la muestra. La densidad de la superficie saturada se usa para calcular el volumen requerido para el agregado fino de la mezcla de hormigón celular. El valor de absorción se puede leer después de la inmersión del agregado seco en el agua durante un periodo determinado.

### **Equipos:**

- Balanza con una aproximación y exactitud de 0.1g o 0.1%.
- Picnómetro o un recipiente donde la muestra se pueda ingresar de una manera fácil y se puede medir el volumen con una exactitud de 0.1cm<sup>3</sup>.

- Matraz es un frasco de Le Chatelier.
- Molde en forma de cono truncado con sus respectivas dimensiones según la norma.
- Compactador metálico con una masa en la parte inferior de 340g  $\pm 15$ g.
- Horno capaz de mantener temperatura estable de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

**Cantidad de muestra:**

La cantidad de muestra establecida para este ensayo es de 500 gr según la normativa.

**Procedimiento.** Revisar Anexo 5, 6, 7 y 8.

- Pesar la cantidad de muestra para proceder a ingresarla al horno con una temperatura de  $110^{\circ}\text{C}$  durante unas 24 horas.
- Retirar la muestra del horno para dejarla al ambiente hasta cuando se pueda manipular.
- Colocar agua superficialmente y se deja por un tiempo determinado
- Extender la muestra en una superficie plana de madera para el secado uniforme hasta que las partículas del agregado no se adhieran entre sí.
- Proceder a llenar el cono truncado con el material obtenido aplicándole 25 golpes a la superficie de este, se observa que el material no se derrumba este proceso se realiza las veces que sea necesario hasta que el cono colapsé, esto nos indica que el material se encuentra en estado de superficie seco.
- Con el material obtenido se procede a llenar el picnómetro se completa con agua hasta llegar a la marca de calibración.
- Eliminar la cantidad de aire de la muestra por medio de la glicerina.
- Retirar con cuidado el material del picnómetro para reservarlo en un recipiente posteriormente se ingresa la muestra a el horno de  $110^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas.
- Sacar la muestra para dejar al ambiente para luego pesar la cantidad de agregado fino que contiene.

**Cálculos:**

$$\text{Densidad}(\text{gravedad específica}) = \frac{S}{(B + S - C)}$$

**Dónde:**

A= Masa de la muestra seca al horno.

B= Masa del picnómetro lleno de agua hasta la marca de calibración.

C= Masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua hasta la marca de calibración.

S= Masa de la muestra de agregado fino superficialmente seca.

$$\text{Absorción} = \left( \frac{S - A}{A} \right) * 100$$

**Dónde:**

S= Masa de la muestra de agregado fino superficialmente seca.

A= Masa de la muestra seca al horno.

**Resultados**

Los resultados se registran en la tabla 7.

**Tabla 7**

*Densidad saturada superficialmente seca y absorción del agregado fino*

Ítems	D.S.S.S.	Unidad	Absorción	Unidad
Arena	2,63	gr/cm <sup>3</sup>	2,55	%
Cerámica cocida	2,38	gr/cm <sup>3</sup>	1,27	%

Nota: Resultado de la densidad saturada superficialmente seca y absorción de la arena y cerámica cocida.

## Figura 12

*Ensayo de la D.S.S y absorción del agregado fino*



Nota: Procedimiento del ensayo de densidad saturada superficialmente seca y absorción según la norma NTE INEN 856

### 3.2.3. *Cemento*

Según la guía ACI 523.3R14, el tipo de cemento que se puede utilizar para la elaboración del hormigón celular debe cumplir con los parámetros ASTM C150M para cemento portland, ASTM C595/C595M para cementos hidráulicos combinados o ASTM C1157/C1157M para especificación de desempeño para cemento hidráulico.

En el presente trabajo de investigación se utilizó el cemento tipo He que cumple con la norma ASTM C1157, que se muestra en la figura 13. Fabricado por la empresa Holcim, este cemento es de uso estructural especializado en la solución de velocidad en construcción de obras, con alta resistencia a edad temprana.

El cemento hidráulico es comercializado en fundas plástico, fundas de papel, al granel o en la forma en que pacten el vendedor y el comprador con el contrato de pedido, en la cual el cemento en funda debe cumplir con la normativa NTE INEN - 1902.



**Figura 13**

*Cemento Holcim Tipo HE*



Nota: Cemento utilizado en la elaboración del hormigón celular.

### **3.2.4. Agua**

El agua utilizada para la elaboración de las mezclas de hormigón celular proviene de la empresa Aguapen que es apta para el consumo humano, libre de sustancias como aceites, sustancias alcalinas, ácidos y material orgánico.

### **3.2.5. Aditivo**

El aditivo empleado para la respectiva elaboración de la mezcla de hormigón celular fue el Plastocrete-161 He, el cual es un aditivo químico reductor de agua. Este aditivo se lo utiliza para obtener resistencias altas a temprana edad y aumentar la manejabilidad de la mezcla. La dosificación varía entre 0,2% y 2,5% del peso del cemento en la cual se utilizó el 1% para las respectivas mezclas. Ver figura 14

### **Datos Técnicos**

Apariencia líquida y color ambar oscuro, densidad de 1,10 kg/L.

### **Consumo**

- 0,2 al 1% se utiliza para acelerar hasta un 17% del fraguado inicial.

- 1 al 2,5% se utiliza para incrementar un 80% la resistencia de la mezcla.

#### **Figura 14**

*Aditivo Plastocrete He 161*



**Nota:** Aditivo utilizado en la elaboración del hormigón celular.

#### **3.2.6. Agente espumante**

El papel del agente espumante dentro de la mezcla de hormigón celular es crear pequeñas burbujas de aire capaz de aumentar la estabilidad de la burbuja de aire y reducir la tensión superficial.

Se utilizó el agente espumante RV-2020 altamente concentrado, elaborado de forma casera la cual está formada por un agente tensoactivo, un espesante y un estabilizante de espuma para que esta pueda mantener la burbuja de aire estables y sea capaz de resistir las fuerzas físicas y las interacciones químicas que se producen en el proceso de mezclado, cuyos datos técnicos se presentan en la tabla 8.

Para producir la espuma se pueden utilizar varios tipos de generadores, y para el presente estudio se utilizó un equipo que trabaja con aire a presión mediante la utilización de un compresor, la cual introduce aire al generador y provoca que el aditivo espumante interactúe con el aire y produzca la espuma, se debe de tomar en

cuenta que la densidad de la espuma dependerá de la presión de aire que se le introduce a la máquina.

**Tabla 8**

*Datos técnicos del agente espumante*

<b>Características</b>	
<b>Apariencia</b>	Líquido viscoso
<b>Color</b>	Blanco
<b>PH (25 °C)</b>	$7 \pm 1$
<b>Solubilidad</b>	Agua
<b>Densidad</b>	$1,20 \pm 0,03 \text{ gr/cm}^3$
<b>Rendimiento</b>	0,8

**Figura 15**

*Agente Espumante RV-2020*



Nota: Espumante utilizado en la elaboración del hormigón celular

### 3.3. Diseño

El método utilizado para la elaboración de la mezcla de hormigón celular es el método previsto por la norma ACI 523.3R-14. Para la dosificación del hormigón se tiene que considerar los datos preliminares de todos los agregados, además de aditivos que conforman la mezcla, después se considera la densidad del hormigón en estado fresco, la resistencia a la compresión a la que se quiere llegar y la relación agua/cemento.

Se diseñará la mezcla de hormigón celular con cerámica cocida para una densidad de 1200 y 1440 kg/m<sup>3</sup>, en donde cabe resaltar que para la dosificación patrón elaborado con arena se procederá con los mismos pasos de diseño.

Se procede a elaborar la mezcla de hormigón celular de acuerdo a la guía mencionada anteriormente:

Se desea elaborar para 1 m<sup>3</sup> de hormigón celular con una densidad de 1440 kg/m<sup>3</sup> en donde las propiedades de los materiales utilizados se describen en la tabla 9.

**Tabla 9**

*Datos preliminares de los materiales utilizados*

<b>Datos</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
<b>Densidad de la cerámica cocida</b>	2,38	gr/cm <sup>3</sup>
<b>Contenido de humedad de la cerámica cocida</b>	4,96	%
<b>Absorción de la cerámica cocida</b>	1,27	%
<b>Rendimiento de la espuma</b>	0,80	
<b>Densidad de la espuma</b>	51	kg/m <sup>3</sup>
<b>Peso específico del cemento</b>	3,15	gr/cm <sup>3</sup>
<b>Densidad del agua</b>	1000	kg/m <sup>3</sup>
<b>Densidad del aditivo</b>	1,10	kg/lt

### Procedimiento.

- Calculamos la fuerza a la compresión de acuerdo a la densidad deseada por medio de la siguiente ecuación:

$$f'c = 0,34 * e^{0,0022*\gamma_f}$$

### Dónde:

$\gamma_f$  = Peso Unitario en estado endurecido del hormigón celular.

Reemplazando obtenemos:

$$f'c = 0,34 * e^{0,0022*1440} = 8,08 \text{ Mpa}$$

- Se asume una relación a/c de 0,5 según rango de (0,45 a 0,60) de acuerdo a la guía ACI 523.3R-14
- Se calcula la relación arcilla-cemento (Ar/c) usando la siguiente ecuación:

$$\frac{Ar}{c} = \frac{\gamma_f - 673}{345}$$

### Dónde:

$\gamma_f$  = Peso unitario en estado fresco del hormigón celular.

Reemplazamos y obtenemos:

$$\frac{Ar}{c} = \frac{1440 - 673}{345} = 2,22$$

- Se calcula el peso unitario del hormigón secada al horno usando la siguiente ecuación:

$$\gamma_s = \gamma_f - 122$$

Reemplazamos y obtenemos:

$$\gamma_s = 1440 - 122 = 1318 \text{ kg/m}^3$$

- Se calcula el contenido de cemento de la mezcla usando la siguiente ecuación:

$$C = \frac{\gamma_f}{1 + a/c + Ar/c}$$

Reemplazamos y obtenemos:

$$C = \frac{1440}{1 + 0,50 + 2,22} = 386,765 \text{ kg/m}^3$$

- Se calcula la cantidad de arcilla de la mezcla con la siguiente ecuación:

$$\frac{Ar}{C} = 2,22$$

Reemplazamos, despejamos y obtenemos:

$$Ar = 2,22 * 386,765 = 859,852 \text{ kg/m}^3$$

- Se calcula la cantidad de agua a utilizar mediante la ecuación:

$$\frac{a}{c} = 0,5$$

Reemplazamos, despejamos y obtenemos:

$$a = 0,50 * 386,765 = 193,383 \text{ kg/m}^3$$

- Se calcula el volumen absoluto de los sólidos en la mezcla (cemento, agua y arcilla) con la siguiente ecuación:

$$V_A = \frac{C}{G_C * \gamma_W} + \frac{a}{\gamma_W} + \frac{Ar}{G_{Ar} * \gamma_W}$$

Reemplazamos y obtenemos:

$$V_A = \frac{386,765}{3,15 * 1000} + \frac{193,383}{1000} + \frac{859,852}{2,38 * 1000} = 0,677 \text{ m}^3$$

- Se calcula la cantidad de aditivo en la mezcla

$$Aditivo = \% \text{ Peso del cemento} * C$$

Reemplazamos y obtenemos:

$$Aditivo = 0,01 * 386,765 = 3,868 \text{ kg}$$

- Se calcula el volumen absoluto del aditivo

$$V_{Aditivo} = \frac{Aditivo}{\gamma_A * 1000}$$

Reemplazamos y obtenemos:

$$V_A = \frac{3,868}{1,10 * 1000} = 0,0035 \text{ m}^3$$

- Se calcula el volumen total de los materiales de la mezcla

$$V_T = 0,1228 + 0,1934 + 0,3613 + 0,0035$$

$$V_T = 0,6810 \text{ m}^3$$

- Se calcula el volumen de aire requerido por unidad de volumen del hormigón

$$A_V = 1 - V_A$$

Reemplazamos y obtenemos:

$$A_V = 1 - 0,6810 = 0,319 \text{ m}^3$$

- Se calcula el volumen de la espuma para la mezcla

$$V_f = \frac{A_V}{Rendimiento}$$

Reemplazamos y obtenemos:

$$V_f = \frac{0,319}{0,80} = 0,399 \text{ m}^3$$

- Se calcula el peso de la espuma

$$F = V_f * \gamma_e$$

Reemplazamos y obtenemos:

$$F = 0,399 * 51 = 19,949 \text{ kg/m}^3$$

- Se calcula la cantidad de agua de diseño de la mezcla debido al agua en la espuma y en la arcilla.

$$\text{Agua en la arcilla} \quad A_{ar} = A_r * \left( \frac{W-A}{100} \right)$$

$$\text{Agua en la espuma} \quad A_e = \gamma_e * V_f$$

Reemplazamos y obtenemos:

$$A_{ar} = 859,852 * \left( \frac{4,96 - 1,27}{100} \right) = 31,729 \text{ kg/m}^3$$

$$A_e = 51 * 0,399 = 20,339 \text{ kg/m}^3$$

- Se calcula la corrección del agua de diseño de la mezcla

$$A_m = A - A_e - A_{ar}$$

Reemplazamos y obtenemos:

$$A_m = 193,383 - 20,339 - 31,729 = 141,316 \text{ kg/m}^3$$

- Se calcula la corrección de la arcilla de la mezcla mediante la siguiente fórmula:

$$Ar_c = Ar + Ae$$

Reemplazamos y obtenemos:

$$Ar_c = 859,852 + 31,729 = 891,581 \text{ kg/m}^3$$

Las proporciones de la mezcla para 1 m<sup>3</sup> de hormigón celular se presentan en la tabla 10.



**Tabla 10**

*Diseño para 1m<sup>3</sup> de hormigón celular con cerámica cocida*

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
<b>Cemento</b>	386,765	kg/m <sup>3</sup>
<b>Agua</b>	141,316	kg/m <sup>3</sup>
<b>Cerámica cocida</b>	891,581	kg/m <sup>3</sup>
<b>Aditivo</b>	3,868	lt/m <sup>3</sup>
<b>Espuma</b>	20,339	kg/m <sup>3</sup>

### **3.4. Proceso de elaboración del hormigón celular**

- Primero se define la cantidad de material que se va a necesitar de acuerdo al diseño deseado, por consiguiente, se debe pesar los materiales como cerámica cocida, agua, cemento y aditivo a excepción de la espuma que se lo agrega después de mezclar los materiales mencionados.
- Se humedece la concretera para evitar que este absorba agua, luego se agrega la cerámica cocida con el cemento, en la cual se debe mezclar aproximadamente durante 5 minutos, después se agrega el agua y el aditivo necesario y se procede con el mezclado, no se le debe incluir aún la espuma.
- Durante el proceso de mezclado la pasta debe tener una consistencia uniforme, la cual se logra aproximadamente durante 3 a 5 minutos, y durante este proceso se debe realizar la espuma mediante el compresor y la máquina generadora de espuma.
- Se pesa la cantidad de espuma que se va a necesitar y se la agrega a la concretera, se debe dejar mezclar hasta que la combinación obtenga una consistencia uniforme, esto se obtiene entre 2 a 4 minutos, cabe recalcar que el tiempo depende si la mezcla alcanzó la densidad deseada.
- Se comprueba la densidad del hormigón celular, esto se puede realizar

utilizando un recipiente de 1 litro y una balanza, en la cual se llena el recipiente hasta el tope y se pesa.

- Después de haber comprobado la densidad se realiza el ensayo de fluidez de la mezcla y se procede al vaciado en las probetas.

### 3.5. Resultados de las dosificaciones

#### 3.5.1. Densidad aparente 1440 kg/m<sup>3</sup> – Muestra Patrón elaborado con arena

Se elaboró la muestra patrón utilizando arena fina (negra), se decidió diseñar las muestras con densidad de 1560 kg/m<sup>3</sup> en estado fresco, para poder llegar a una densidad de 1440 kg/m<sup>3</sup> en estado endurecido, con una relación a/c de 0,50 y 72 kg/m<sup>3</sup> de densidad de la espuma. Revisar tabla 11

**Tabla 11**

*Resultado de la mezcla patrón elaborado con arena (1440 kg/m<sup>3</sup>)*

<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad (1 m<sup>3</sup>)</b>	<b>Cantidad (0,034 m<sup>3</sup>)</b>
<b>Cemento</b>	kg/m <sup>3</sup>	383,197	13,152
<b>Agua</b>	kg/m <sup>3</sup>	144,410	4,956
<b>Arena</b>	kg/m <sup>3</sup>	1004,613	34,480
<b>Aditivo</b>	lt/m <sup>3</sup>	3,832	0,132
<b>Espuma</b>	Kg/m <sup>3</sup>	27,780	0,953

Nota: La tabla muestra el diseño de la mezcla.

#### 3.5.2. Densidad aparente 1200 kg/m<sup>3</sup> – Muestra Patrón elaborado con arena

Se elaboró la muestra patrón utilizando arena fina (negra), por lo cual se decidió diseñar las muestras con densidad de 1320 kg/m<sup>3</sup> en estado fresco, para así llegar a una densidad de 1200 kg/m<sup>3</sup> en estado endurecido, con relación a/c de 0,50 y 61 kg/m<sup>3</sup> de densidad de la espuma. Revisar tabla 12

**Tabla 12***Resultado de la mezcla patrón elaborado con arena (1200 kg/m<sup>3</sup>)*

<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Cantidad (0,034 m<sup>3</sup>)</b>
<b>Cemento</b>	kg/m <sup>3</sup>	391,069	13,422
<b>Agua</b>	kg/m <sup>3</sup>	150,747	5,174
<b>Arena</b>	kg/m <sup>3</sup>	747,844	25,667
<b>Aditivo</b>	lt/m <sup>3</sup>	3,911	0,134
<b>Espuma</b>	kg/m <sup>3</sup>	30,340	1,041

Nota: La tabla muestra el diseño de la mezcla.

### 3.5.3. Densidad aparente 1440 kg/m<sup>3</sup> – Cerámica cocida

Se elaboró la muestra utilizando cerámica cocida, por lo cual se decidió diseñar las muestras con densidad de 1440 kg/m<sup>3</sup>, con relación a/c de 0,50 y 51 kg/m<sup>3</sup> de densidad de la espuma. Revisar tabla 13.

**Tabla 13***Resultado de la mezcla elaborado con cerámica cocida (1440 kg/m<sup>3</sup>)*

<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad (1 m<sup>3</sup>)</b>	<b>Cantidad (0,034 m<sup>3</sup>)</b>
<b>Cemento</b>	kg/m <sup>3</sup>	386,765	13,274
<b>Agua</b>	kg/m <sup>3</sup>	141,316	4,850
<b>Cerámica cocida</b>	kg/m <sup>3</sup>	891,581	30,600
<b>Aditivo</b>	lt/m <sup>3</sup>	3,868	0,133
<b>Espuma</b>	kg/m <sup>3</sup>	20,339	0,698

Nota: La tabla muestra el diseño de la mezcla.

### 3.5.4. Densidad aparente 1200 kg/m<sup>3</sup> – Cerámica cocida

Se elaboró la muestra utilizando arcilla, por lo cual se decidió diseñar las muestras con densidad de 1200 kg/m<sup>3</sup>, con una relación a/c de 0,50 y 0,45 kg/m<sup>3</sup> de densidad de la espuma. Revisar tabla 14

**Tabla 14**

*Resultado de la mezcla elaborada con cerámica cocida (1200 kg/m<sup>3</sup>)*

<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad (1 m<sup>3</sup>)</b>	<b>Cantidad (0,034 m<sup>3</sup>)</b>
<b>Cemento</b>	kg/m <sup>3</sup>	396,362	13,604
<b>Agua</b>	kg/m <sup>3</sup>	152,327	5,228
<b>Cerámica cocida</b>	kg/m <sup>3</sup>	627,799	21,547
<b>Aditivo</b>	lt/m <sup>3</sup>	3,964	0,136
<b>Espuma</b>	kg/m <sup>3</sup>	23,512	0,807

Nota: La tabla muestra el diseño de la mezcla.

### 3.6. Llenado y curado

Para el llenado se utilizarán cilindros cuyas dimensiones son de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura, además de utilizar vigas de 15x15x50 cm. Ver figura 16

El vaciado o llenado se realiza por medio de dos capas sin la necesidad del vibrado con la varilla, puesto que la muestra no contiene agregado grueso, además de que provocará que las burbujas de la mezcla rompan antes del fraguado, luego por cada capa se realizan de 10 a 15 golpes con el martillo de hule. En el caso de las vigas se realiza el mismo proceso a excepción de que se realizan 30 golpes con el martillo.

Después de desencofrar las muestras se sumerge en una piscina de curado hasta el momento de su rotura. De acuerdo a las edades en que se realiza el ensayo de rotura 7, 14 y 28 días. Se retira la muestra de la piscina de curado y se realiza el ensayo de compresión; y para vigas el ensayo a flexión de acuerdo a las normas estipuladas.

## Figura 16

*Llenado de cilindros*



### 3.7. Ensayos del hormigón celular

#### 3.7.1. *Consistencia la mezcla norma NTE INEN 1578 (ASTM D6103-2014)*

Este ensayo nos indica la fluidez de la mezcla de concreto celular permitiendo saber si al momento de la fundición llena los vacíos del molde y encofrado sin la necesidad de un aparato de compactación y distribución del hormigón.

Con los siguientes parámetros se pueden evaluar al hormigón celular:

- Baja fluidez: 150 mm o menos.
- Media fluidez: 150-200 mm
- Alta fluidez: superior a 200 mm

#### Equipos

- Cono de Abrams que tenga las medidas según la norma.
- Martillo de hule de un peso de 0.8 kg.
- Flexómetro o herramienta para medir el asentamiento.

#### Procedimiento

- Se ubica el cono de Abrams en un lugar libre de vibraciones donde se va ejecutar el ensayo.
- Se humedece el cono y la superficie plana.
- Se llena el cono hasta que reboce luego se golpea con el martillo de hule y se enrasa el material.
- Después de unos segundos se eleva el cono de una forma vertical produciendo que la mezcla tenga un asentamiento.
- Se mide la distancia entre el cono y la mezcla.

**Figura 17**

*Consistencia de la mezcla de hormigón celular*



Nota: Imagen representativa del ensayo de cono de Abrams según la norma NTE INEN 1578

**3.7.2. Mesa de flujo (Norma NTC 111)**

Este tipo de ensayo se utilizó para determinar la consistencia de la mezcla del hormigón celular que se expresa mediante el incremento de los diámetros del molde, después de una secuencia específica de movimientos.

**Equipos:**

- Mesa de flujo que cumpla con la Norma ASTM C230.
- Espátula.
- Molde de flujo con medidas de 69.8mm de diámetro superior, 101,6 mm de diámetro inferior y 50.8 mm de altura.
- Pistón pequeño.

**Procedimiento.** Revisar Anexo 13, 14, 15 y 16

- Limpiar la superficie de la máquina.
- Colocar el molde de la mesa de flujo en el centro de la plataforma.
- Vaciar en el molde una capa de la mezcla, aproximadamente de 25 mm de espesor y se pisa 20 veces con el compactador.
- Llenar el molde con la mezcla y se apisona tal como se realizó en la primera capa.
- Enrasar la superficie de la mezcla por medio de una espátula.
- Quitar el molde de la mezcla y secar la plataforma para remover el agua.
- Dejar caer la mezcla por medio de la mesa a una altura de 13mm, 25 golpes durante 15 segundos.
- Determinar la fluidez de la mezcla calculando el promedio de los diferentes diámetros a lo largo de las líneas señaladas en la plataforma.

### **Cálculos**

$$\%F = \frac{DI - A}{A}$$

#### **Dónde:**

**%F** = Porcentaje de fluidez de la mezcla

**DI** = Diámetro promedio de las cuatro mediciones realizadas, mm

**A** = Diámetro real de la base del molde, mm

### **Resultados**

Los resultados se presentan en el capítulo V.

## Figura 18

*Fluidez de la mezcla de hormigón celular*



Nota: Imagen representativa del ensayo de mesa de flujo según la norma NTC 111.

### **3.7.3. *Determinación del fraguado en el hormigón (Aguja de Vicat) norma NTE INEN 158***

Se utilizó la norma (NTE INEN 158) para determinar el tiempo de fraguado de la mezcla de hormigón celular mediante el aparato de aguja de Vicat en forma manual, este método implica en dejar caer una aguja desde la superficie de la mezcla con intervalos de tiempo hasta que logre penetrar 25 mm.

#### **Equipos**

- Aparato de Vicat
- Aguja recta con diámetro de 1mm y longitud no menor a 50 mm
- Balanza con buena precisión
- Espátula plana, debe tener una hoja de acero con el borde recto.
- Anillo cónico que cumpla con las normas establecidas.
- Placa de vidrio.

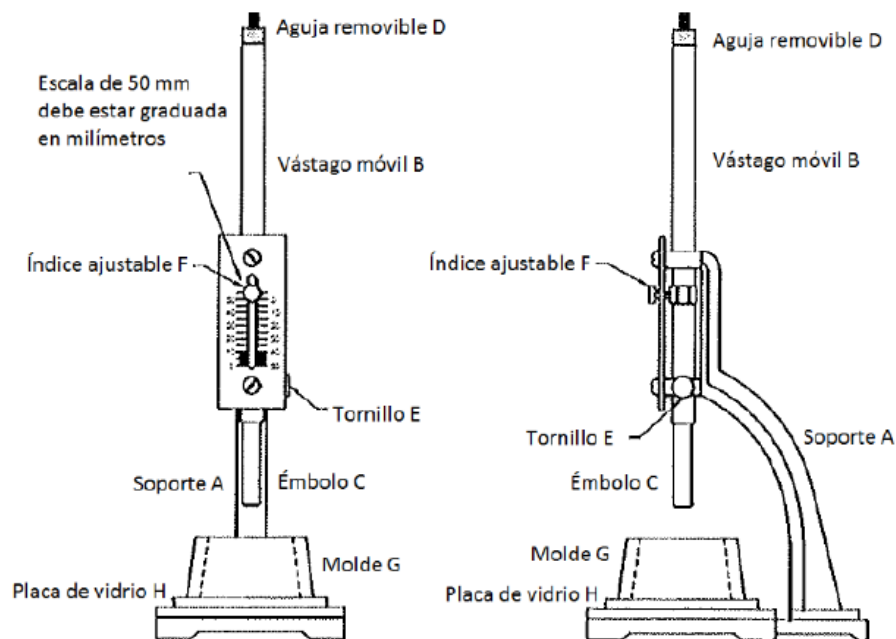
**Procedimiento.** Revisar Anexo 17, 18, 19 y 20.



- Preparar la mezcla e introducirla en el anillo cónico de tal manera que ocupe todo el espacio del molde.
- Retirar el exceso de la muestra con la palma de la mano.
- Colocar la base de la muestra sobre una placa no absorbente.
- Enrasar la superficie del molde con ayuda de una espátula plana.
- Dejar que el espécimen descansa en un ambiente fresco durante 30 minutos después del modelo sin ser perturbado.
- Colocar la muestra en el aparato de Vicat y dejar caer la aguja desde la superficie de la muestra, se toma lectura 30 segundos después de dejar caer la aguja.
- Tomar lectura cada 15 minutos hasta que se obtenga una penetración de 25 mm.

**Figura 19**

*Aparato de Vicat Manual*



Nota: imagen representativa del aparato de Vicat, tomada de la norma NTE INEN 158

### **Resultados**

Los resultados se muestran en el capítulo V.

### 3.7.4. *Contenido de aire norma ASTM D-6023*

Para la presente investigación se aplicará la norma ASTM D 6023 “Método de prueba para Peso Unitario, Contenido de Aire y rendimiento en material de Baja Resistencia Controlada”, que cubre con el procedimiento para determinar el contenido de aire de una mezcla elaborada con diferente tipo de agregados.

#### **Equipos**

- Balanza con una precisión de 0.3 % de la carga de prueba en cualquier punto dentro del rango de uso.
- Cuchara o balde con suficiente capacidad para facilitar el llenado de forma rápida.
- Recipiente cilíndrico hecho de acero u otro material.
- Maso de hule.

#### **Figura 20**

*Tiempo de fraguado del hormigón celular*



Nota: Imagen representativa del ensayo de Aguja de Vicat según la norma NTE INEN 158.

**Procedimiento.** Revisar Anexo 21, 22, 23 y 24.

- Colocar el recipiente sobre una superficie horizontal, rígida y nivelada, libre de vibraciones y otras perturbaciones.
- Hacer la mezcla y vaciarla por medio de una cuchara hasta llenar el recipiente. Después de cada capa se golpea ligeramente los lados del recipiente para liberar las grandes burbujas de aire.
- Enrasar la superficie con precaución
- Limpiar el exceso de la mezcla contenida en los bordes y se determina la masa del recipiente más la muestra.

### **Cálculos**

#### **Densidad de masa (Peso Unitario)**

$$D = \frac{(M_c - M_m)}{V_m}$$

**Dónde:**

**D** = Densidad de masa (peso unitario), kg/m<sup>3</sup>

**M<sub>c</sub>** = Masa del recipiente más la muestra, kg

**M<sub>m</sub>** = Masa del recipiente, kg

**V<sub>m</sub>** = Volumen del recipiente, m<sup>3</sup>

#### **Densidad teórica**

$$T = \frac{M}{V}$$

**Dónde:**

**T** = Densidad teórica de la muestra de hormigón, kg/m<sup>3</sup>

**M** = Masa total de todos los materiales en el recipiente, kg

**V** = Volumen absoluto de los ingredientes que componen el hormigón, m<sup>3</sup>

#### **Contenido de aire**

$$A = \left[ \frac{(T - D)}{T} \right] \times 100$$

**Dónde:**

**A** = Contenido de aire, %

**T** = Densidad teórica,  $\text{kg/m}^3$

**D** = Densidad de masa (Peso Unitario) del hormigón,  $\text{kg/m}^3$

## Resultados

Los resultados se presentan en el capítulo V.

### Figura 21

*Contenido de aire en la mezcla de hormigón celular*



Nota: Procedimiento del ensayo del contenido de aire según la norma ASTM D-6023

#### **3.7.5. *Peso específico y absorción Norma ASTM C 642***

Este método de prueba cubre las determinaciones de densidad y porcentaje de absorción del hormigón endurecido.

#### **Equipos**

- Balanza sensible al 0.025 de la masa de la muestra
- Recipiente adecuado para sumergir la muestra y alambre para la suspensión

de la muestra en agua

- Tanque o balde en el que se coloca el recipiente que contiene la muestra mientras esta en suspensión
- Horno con capacidad de mantener temperatura uniforme de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$

**Procedimiento.** Revisar Anexo 25, 26, 27 y 28.

- Determinar la masa de la muestra y secar en un horno a una temperatura de 100 a  $110\text{ }^{\circ}\text{C}$  por no menos de 24 h.
- Sacar la muestra del horno y dejar enfriar al aire a una temperatura de 20 a  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , después determine su masa.
- Sumergir la muestra en agua a  $21\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante un periodo no menor de 48 h, luego retirar las muestras del agua y con ayuda de una toalla se remueve el agua de la superficie dejándolo en condición de saturada superficialmente seca y determinar su masa.
- Suspender las muestras dentro del tanque con agua por medio del recipiente y un alambre, después determinar la masa en estado sumergido.
- 

**Cálculos**

$$\text{Peso específico (gr/cm}^3\text{)} = \frac{W_d * \rho}{W_s - W_i}$$

$$\text{Absorción(\%)} = \frac{W_s - W_d}{W_d} * 100$$

**Dónde:**

**Wd** = Peso de la muestra seco al horno, gr

**Ws** = Peso de la muestra en condición de saturada superficialmente seca, gr

**Wi** = Peso de la muestra suspendida en agua, gr

**$\rho$**  = Densidad del agua,  $\text{g/cm}^3$

**Resultado:**

Los resultados se presentan en el capítulo V

## **Figura 22**

### *Peso específico y absorción del hormigón celular*



Nota: Procedimiento del ensayo de peso específico y absorción según la norma ASTM C-642

#### **3.7.6. Determinación de la resistencia a la compresión**

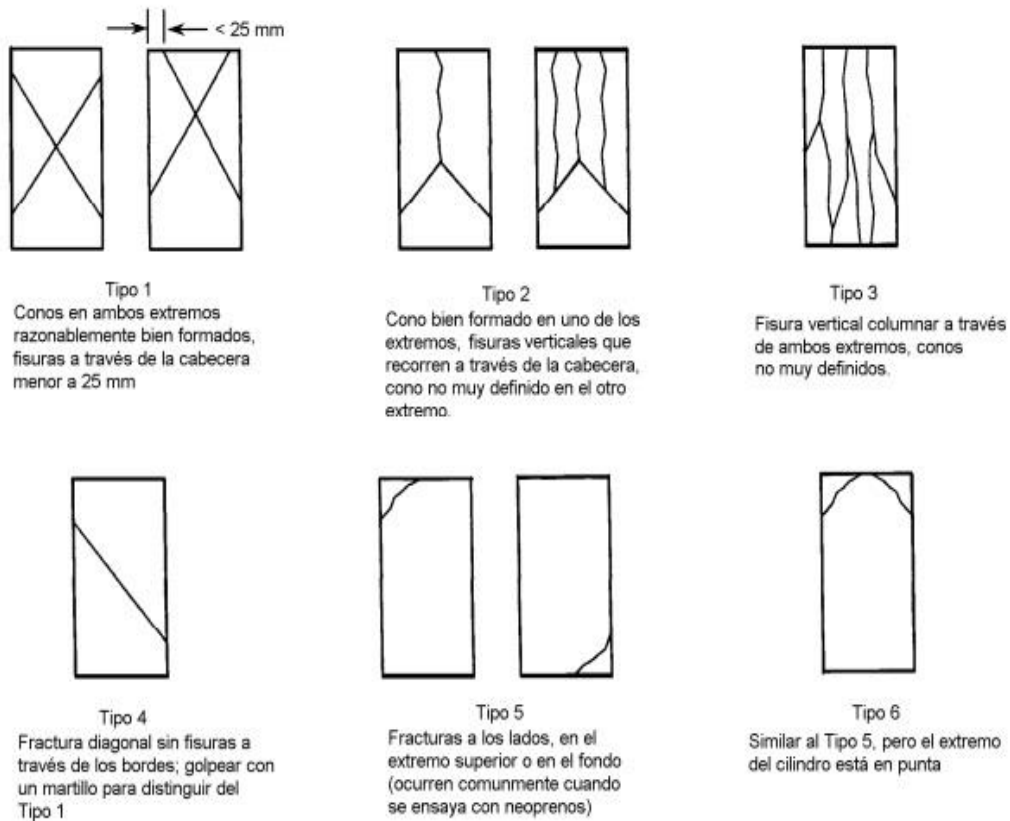
Por medio de esta prueba se determina la resistencia a la compresión de los cilindros de hormigón celular manteniendo las dimensiones en una relación de diámetro igual a uno y altura dos veces el diámetro, para este estudio se utilizaron probetas de 10x20 cm.

Luego se aplicara una carga axial continua a una velocidad de 0,24 MPa/s, los cilindros deben centrarse en la máquina de ensayo a compresión hasta completar la ruptura, se debe utilizar neoprenos para que la lectura sea exacta, en la cual los días de ruptura de esta investigación están definidos a los 7,14 y 28 días.

Al momento de realizar el ensayo se tiene que tomar en consideración que el estado de los cilindros de hormigón celular debe estar en estado húmedo, para que ese no pierda o disminuya su resistencia.

## Figura 23

### Modelos Típicos de Fractura



Nota: Tipos de fractura según la norma (NTE INEN• 2010)

### Equipos.

- Máquina de compresión hidráulica con abastecimiento eléctrico que pueda aplicar carga continua a la probeta.
- Neopreno de las dimensiones del cilindro.
- Balanza con una aproximación y exactitud de 0,1g y 0,1%.
- Vernier con una presión de 0,1 mm.

**Procedimiento.** Revisar Anexo 29, 30, 31 y 32.

- Retirar los cilindros de la zona de curado dependiendo el día de la rotura.
- Registrar el peso y las dimensiones del cilindro.
- Ubicar el neopreno en la parte superior e inferior del cilindro.
- Ubicar el cilindro en la máquina hidráulica para realizar el ensayo.

### **Cálculos:**

Realizar la corrección de la resistencia con la siguiente fórmula:

$$C = \frac{P}{A}$$

**C**= Resistencia a la compresión

**P**= Carga máxima (toma de la lectura del ensayo)

**A**= Promedio del área del cilindro ensayado

### **Resultados**

Los resultados se presentan en el capítulo V.

### **Figura 24**

*Ensayo de resistencia a la compresión*



Nota: Imagen representativa del ensayo de resistencia a la compresión.

#### **3.7.7. Determinación del ensayo a flexión**

Este ensayo consiste en determinar la resistencia a la tracción por flexión del hormigón, por medio de la elaboración de vigas cuyas dimensiones son 15x15x50 cm



aplicando la carga en los tercios con una separación de los apoyos de 45 cm de la vida, la rotura se la realiza a los 28 días de la edad del hormigón. La velocidad de rotura es de 0,86 a 1,21 MPa. El resultado de este ensayo es un estimado entre el 10% al 20% de la resistencia a la compresión. Los resultados del ensayo se los aprecia en los anexos 33, 34, 35 y 36.

### **Cálculos:**

Para determinar la resistencia a la flexión se realiza mediante la siguiente fórmula.

$$MR = \frac{3PL}{bd^2}$$

### **Dónde:**

**MR**= Resistencia a la tracción por flexión, kg/cm<sup>2</sup>

**P**= Carga de la prensa hidráulica, kg

**L**= Distancia entre apoyo, cm

**b**= Ancho de la unidad, cm

**d**= Altura de la unidad, cm

### **Resultados:**

Los resultados se expresan en el capítulo V.

## CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

### 5.1. Análisis de consistencia del hormigón

Se determinó el asentamiento de cada una de las dosificaciones del hormigón celular elaboradas con arena y cerámica cocida cuyas densidades aparentes son de 1200 kg/m<sup>3</sup> y 1440 kg/m<sup>3</sup>.

**Tabla 15**

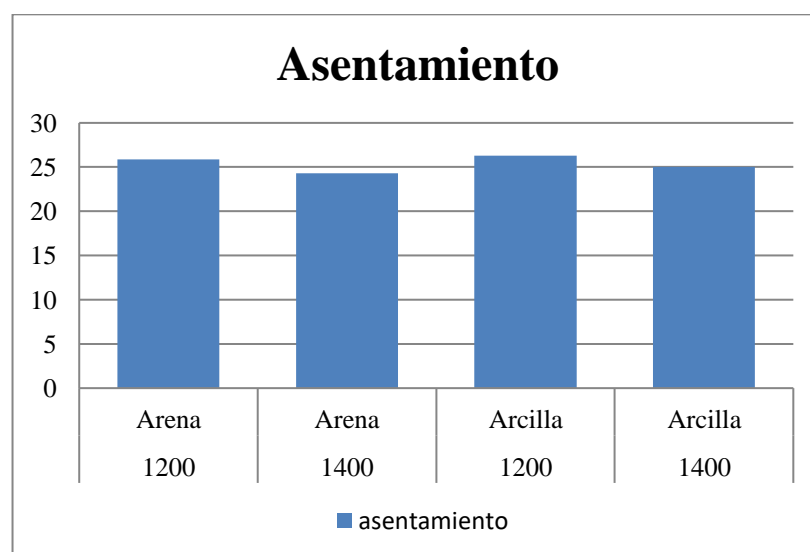
*Resultado de la consistencia del hormigón celular*

Densidad Aparente (kg/m <sup>3</sup> )	Tipo de Agregado	a/c	D. Espuma (kg/m <sup>3</sup> )	Asentamiento Pulg	Asentamiento cm
1200	Arena	0,5	72	10,20	25,9
1400		0,5	61	9,57	24,3
1200	Cerámica cocida	0,5	51	10,35	26,3
1400		0,5	45	9,84	25,0

Nota: La tabla nos muestra la consistencia de la mezcla de hormigón celular elaborado con arena y cerámica cocida.

**Figura 25**

*Consistencia del hormigón celular*



De acuerdo a los datos obtenidos en la tabla 15 se puede observar que los asentamientos de las mezclas elaboradas con arena son de 25,9 cm y 24,3 cm para densidades de 1200 kg/m<sup>3</sup> y 1440 kg/m<sup>3</sup>, mientras que las muestras elaboradas con cerámica cocida dieron como resultado un asentamiento de 26,3 cm y 25,0 cm, en donde se observa que las mezclas son inversamente proporcionales a su densidad, es decir, que a mayor densidad menor va hacer el asentamiento de la mezcla.

Se puede deducir que la influencia de la espuma y el aditivo empleado permiten un mayor diámetro de dispersión de la muestra, lo que significa que el concreto tiene mejor fluidez y facilita el llenado de los cilindros.

## 5.2. Análisis del peso unitario y contenido de aire

### 5.2.1. Análisis del peso unitario en estado fresco y contenido de aire

Se determinó el peso unitario y contenido de aire de las mezclas de hormigón celular de acuerdo con la norma ASTM D 6023, por cada densidad aparente de las muestras patrón y las muestras elaboradas con cerámica cocida, los resultados se expresan en la tabla 16.

**Tabla 16**

*Resultado del peso unitario y contenido de aire del hormigón celular en estado fresco*

Densidad Aparente (kg/m <sup>3</sup> )	Tipo de Agregado	Peso Unitario	Densidad Teórica	% Porcentaje de Aire Incorporado
1200	Arena	1298,85	2313,16	43,85
1440	Arena	1532,69	2357,39	34,98
1200	Cerámica cocida	1248,25	2283,11	45,33
1440	Cerámica cocida	1472,85	2291,38	35,72

Nota: La tabla muestra el peso unitario y el contenido de aire del hormigón celular elaborado con arena y cerámica cocida.

Para poder determinar el contenido de aire incorporado a las diferentes mezclas de hormigón celular elaborado con arena y cerámica cocida se procedió a calcular el peso unitario en estado fresco y luego la densidad teórica sin tomar en cuenta el volumen de vacíos que provoca la espuma.

En los resultados que muestra la tabla 16, se puede observar que para una densidad de 1200 kg/m<sup>3</sup> elaborado con arena el contenido de aire es de 43,85 % y para una densidad de 1200 kg/m<sup>3</sup> elaborado con cerámica cocida el contenido de aire es de 45,33 %, esto quiere decir que de acuerdo a los tipos de materiales utilizados como agregado fino se modifica el porcentaje de vacíos en la mezcla, además que la cantidad de aire contenido en la muestra depende de la densidad deseada, es decir, a mayor densidad menor va hacer la cantidad de espuma que se le adiciona a la mezcla de hormigón.

### 5.2.2. *Análisis del peso unitario en estado endurecido*

Se determinó el peso unitario de las mezclas de hormigón celular de las diferentes muestras elaboradas con arena y cerámica cocida cuyas densidades aparentes son de 1200 kg/m<sup>3</sup> y 1440 kg/m<sup>3</sup>, en donde se extrae las muestras de la piscina de curado y posteriormente se pesa y se toman las dimensiones. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 17.

**Tabla 17**

*Resultado del peso unitario promedio del hormigón celular en estado endurecido*

Densidad Aparente (kg/m <sup>3</sup> )	Tipo de Agregado	P.U. (Kg/m <sup>3</sup> )	Promedio P.U (Kg/m <sup>3</sup> )
1200	Arena	1261,48	1267,75
		1273,02	
		1268,75	
1440	Arena	1486,12	1493,93
		1503,63	
		1492,03	
1200	Cerámica cocida	1215,68	1235,55
		1239,21	
		1251,77	
1440	Cerámica cocida	1465,10	1468,42
		1471,32	
		1468,84	

En la tabla 17 se presenta el peso unitario promedio que se logró de los especímenes de hormigón celular, en donde se pudo obtener pesando y tomando las medidas de 3 muestras por cada dosificación realizada. El peso unitario promedio que alcanzaron las muestras elaboradas con arena fue de 1267,75 kg/m<sup>3</sup> y 1493,93 kg/m<sup>3</sup> en donde se diseñó para una densidad de 1320 kg/m<sup>3</sup> y 1560 kg/m<sup>3</sup> en estado fresco para poder llegar a 1200 kg/m<sup>3</sup> y 1440 kg/m<sup>3</sup> en estado endurecido, mientras que el peso unitario de las muestras elaboradas con cerámica cocida fue de 1235,55 kg/m<sup>3</sup> y 1468,42 kg/m<sup>3</sup> para densidades de 1200 kg/m<sup>3</sup> y 1440 kg/m<sup>3</sup>. Se puede notar que las muestras que contenían arena disminuyeron su densidad, mientras que las que contenían cerámica cocida aumentaron su densidad. Se puede deducir que este incremento es debido a la granulometría, puesto que era mayor que el de la arena esto provocó que cierta cantidad de burbujas de aire rompan antes del fraguado.

### **5.3. Análisis del tiempo de fraguado del hormigón**

A continuación, se presentan los resultados del tiempo de fraguado de la mezcla de hormigón celular elaborado con arena y cerámica cocida cumpliendo con la norma NTC 111 y cuyas densidades aparentes son de 1200 kg/m<sup>3</sup> y 1440 kg/m<sup>3</sup>, los resultados se muestran en la tabla 18.

Para calcular el tiempo de fraguado inicial de las diferentes mezclas se tomó una pequeña cantidad de mezcla durante el proceso de elaboración del hormigón celular y mediante el aparato de Vicat y por medio de penetraciones tomadas en diferentes intervalos de tiempo se logró determinar el ensayo.

En la tabla 18 se evidencia que las dosificaciones de la muestra patrón con densidades de 1200 y 1440 kg/m<sup>3</sup> alcanzan un tiempo de fraguado inicial de 185 y 240 minutos superior a las muestras elaborada con cerámica cocida que alcanzaron los 150 y 175 minutos. Lo que denota que las características que posee la arcilla permiten que el hormigón celular alcance un tiempo de fraguado inicial menor que la mezcla elaborada con arena.

**Tabla 18***Resultado del tiempo de fraguado inicial del hormigón celular*

<b>Ítem</b>	<b>Densidad Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Tiempo de fraguado inicial</b>
Muestra Patrón - Arena	1200	185 min
Muestra Patrón – Arena	1440	240 min
Muestra con Cerámica Cocida	1200	140 min
Muestra con Cerámica Cocida	1440	175 min

**5.4. Análisis de la mesa de flujo**

Se determinó el porcentaje de fluidez del hormigón celular elaborado con arena y cerámica cocida según la norma NTE INEN 158, con densidades de 1200 kg/m<sup>3</sup> y 1400 kg/m<sup>3</sup>, los resultados se presentan en la tabla 19.

En los resultados que muestra la tabla 19, se observa que las muestras elaboradas con arena cuyas densidades son de 1200 y 1440 kg/m<sup>3</sup>, lograron un 80,43 % y 69,88 % de fluidez, mientras que las muestras elaboradas con Cerámica cocida alcanzaron un 92,47 % y 76,75 %, lo que indica que tanto el espumante RV-2020 y la Cerámica cocida permiten que el hormigón celular obtenga una mayor fluidez, esto facilita la manipulación de la mezcla, también se puede notar en los resultados que la fluidez es inversamente proporcional a su densidad, es decir, a menor densidad mayor va hacer la fluidez, esto es debido a que a menor densidad mayor va hacer la cantidad de espuma requerida en la mezcla.

**Tabla 19***Resultado de la fluidez de las mezclas de hormigón celular*

<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Tipo de Agregado</b>	<b>% Fluidez</b>
1200	Arena	80,43
1440	Arena	69,88
1200	Cerámica cocida	92,47
1440	Cerámica cocida	76,75

## 5.5. Análisis de absorción y peso específico

A continuación, se presenta los resultados del ensayo de absorción y peso específico de las muestras de hormigón celular elaborados con arena y cerámica cocida, cuyas densidades son  $1200 \text{ kg/m}^3$  y  $1440 \text{ kg/m}^3$  los resultados se presentan en la tabla 20.

Se determinó el porcentaje de absorción y el peso específico de las muestras de hormigón celular como está establecido en la norma ASTM C-642, observando la tabla de resultado, es notorio que a menor densidad mayor será el porcentaje de absorción y no presenta un tendencia en sus resultados; en el caso del peso específico notamos que los resultados se encuentran por debajo y encima de su densidad diseñada, esto se debe al tiempo de mezclado de la muestra y a las variaciones de las cantidades de espuma.

**Tabla 20**

*Resultado de absorción y peso específico del hormigón celular*

Densidad Aparente ( $\text{kg/m}^3$ )	Tipo de Agregado	Absorción %	Peso Específico ( $\text{kg/m}^3$ )
1200	Arena	12,28	1240,29
		10,02	1221,65
		12,10	1218,34
		10,19	1419,79
1440	Cerámica cocida	11,29	1425,57
		11,57	1411,86
		10,39	1214,08
1200	Cerámica cocida	11,05	1201,22
		9,46	1230,43
1440	Cerámica cocida	9,26	1438,70
		8,92	1453,36
		9,08	1453,41

## 5.6. Análisis de la resistencia a la compresión

A continuación, se presentan los resultados del ensayo a compresión de la mezcla elaborado con arena y cerámica cocida, cuyas densidades aparentes son de 1200 kg/m<sup>3</sup> y 1440 kg/m<sup>3</sup>. En las tablas 21, 22, 23, 24 se muestran las resistencias promedio que se obtuvieron a edades de 7, 14 y 28 días y en las figuras 26, 27, 28, 29 se observan las curvas de resistencia-tiempo.

**Tabla 21**

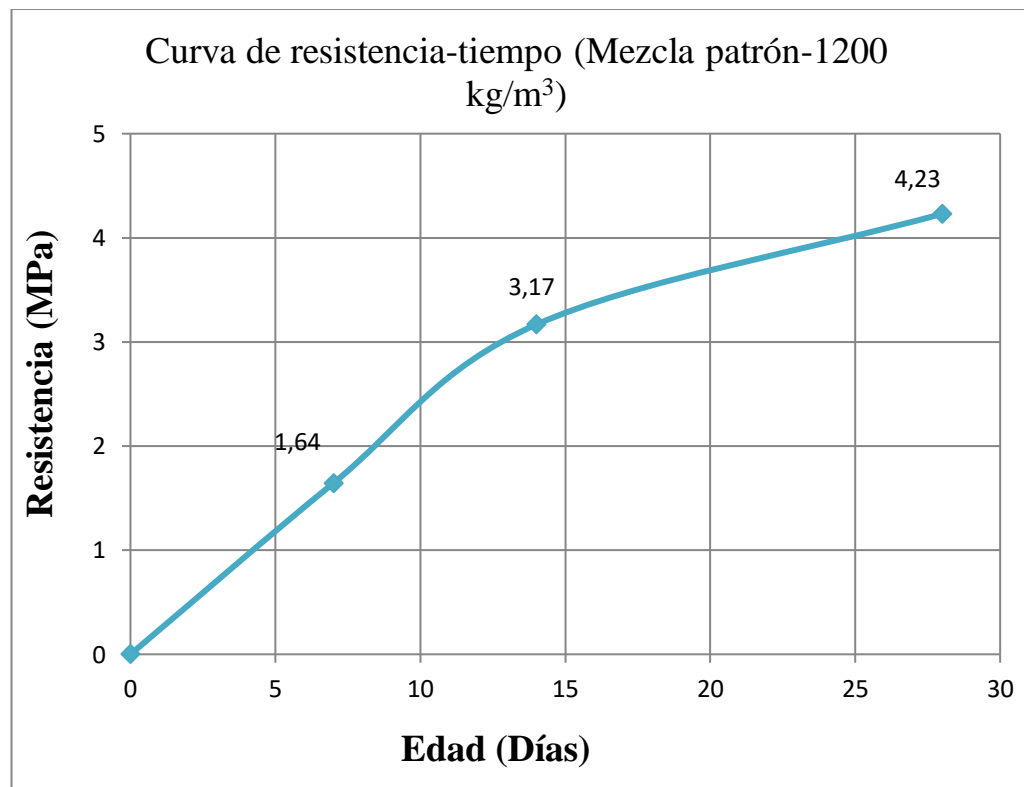
*Resultados de resistencia a compresión de las muestras con arena-1200 kg/m<sup>3</sup>*

Densidad Aparente	Tipos de Agregado	Resistencia a la compresión (MPa)		
		7 días	14 días	28 días
1200 kg/m <sup>3</sup>	Arena	1,64	3,17	4,23

Nota: La tabla muestra la resistencia a compresión de la muestra elaborada con arena a edades de ruptura.

**Figura 26**

*Curva de resistencia a compresión de las muestras con arena-1200 kg/m<sup>3</sup>*





**Tabla 22**

*Resultados de resistencia a compresión de las muestras con arena-1440 kg/m<sup>3</sup>*

Densidad Aparente	Tipo de Agregado	Resistencia a la Compresión (MPa)		
		7 días	14 días	28 días
1440 kg/m <sup>3</sup>	Arena	2,98	5,14	5,88

Nota: La tabla muestra la resistencia a compresión de las muestras elaboradas con arena a edades de ruptura.

**Figura 27**

*Curva de resistencia a compresión de las muestras con arena-1440 kg/m<sup>3</sup>*



**Tabla 23**

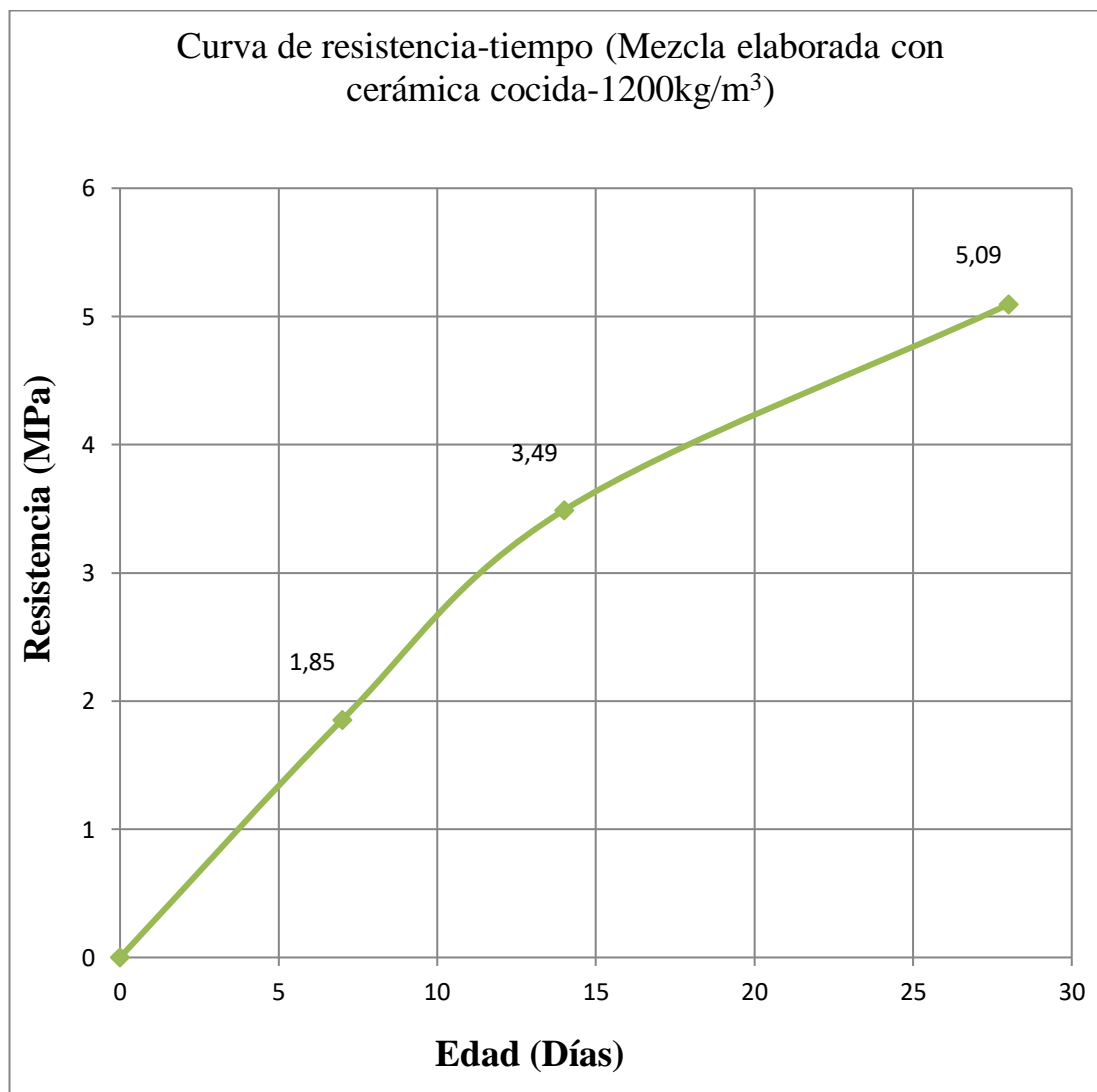
*Resultados de resistencia a compresión de las muestras con cerámica cocida-1200 kg/m<sup>3</sup>*

Densidad Aparente	Tipo de Agregado	Resistencia a la Compresión (MPa)		
		7 días	14 días	28 días
1200 kg/m <sup>3</sup>	Cerámica Cocida	1,85	3,49	5,09

Nota: La tabla muestra la resistencia a compresión de las muestras elaboradas con cerámica cocida a edades de ruptura.

**Figura 28**

*Curva de resistencia a compresión de las muestras con cerámica cocida-1200 kg/m<sup>3</sup>*



**Tabla 24**

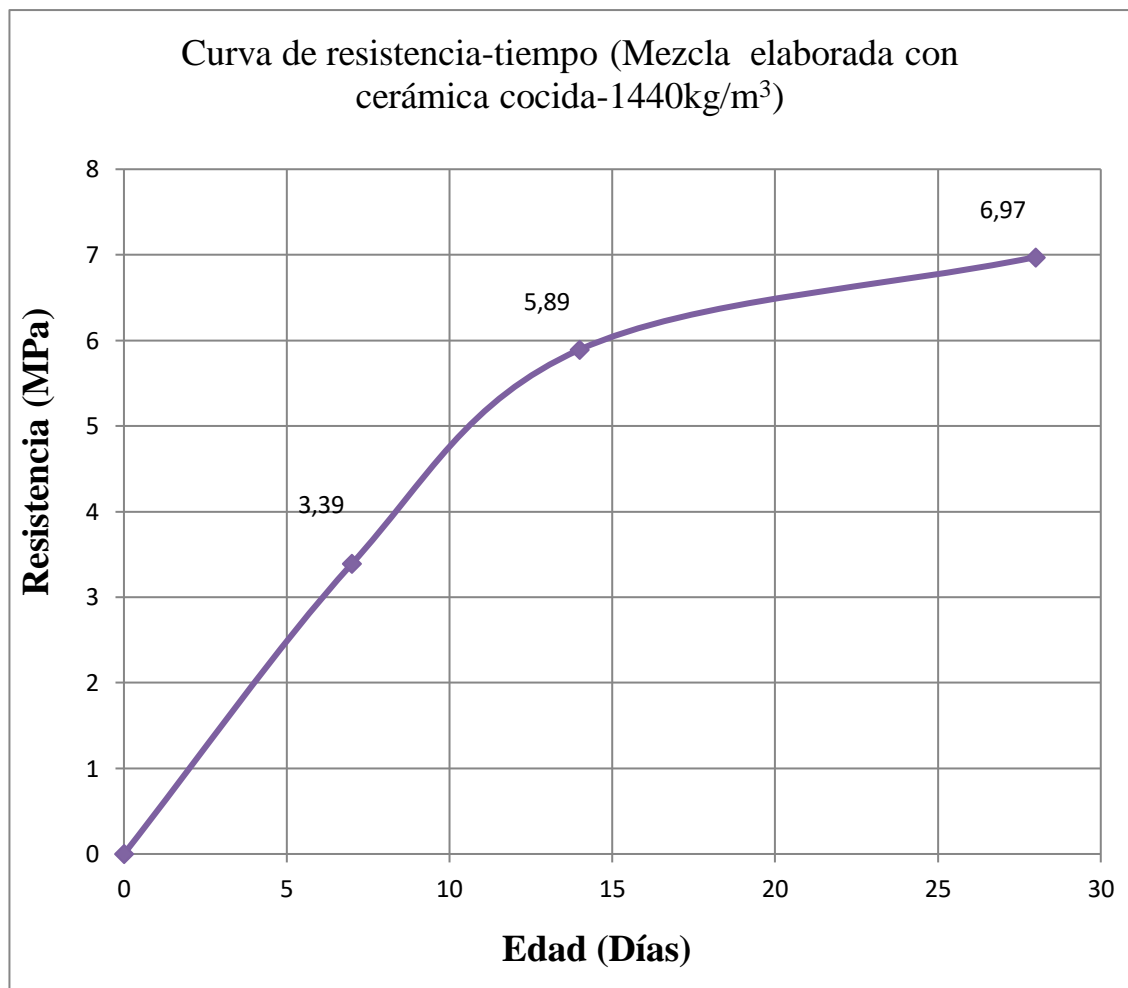
*Resultados de resistencia a compresión de las muestras con cerámica cocida-1440 kg/m<sup>3</sup>*

Densidad Aparente	Tipo de Agregado	Resistencia a la Compresión (MPa)		
		7 días	14 días	28 días
1440 kg/m <sup>3</sup>	Cerámica Cocida	3,39	5,89	6,97

Nota: La tabla muestra la resistencia a compresión de las muestras elaboradas con cerámica cocida a edades de ruptura

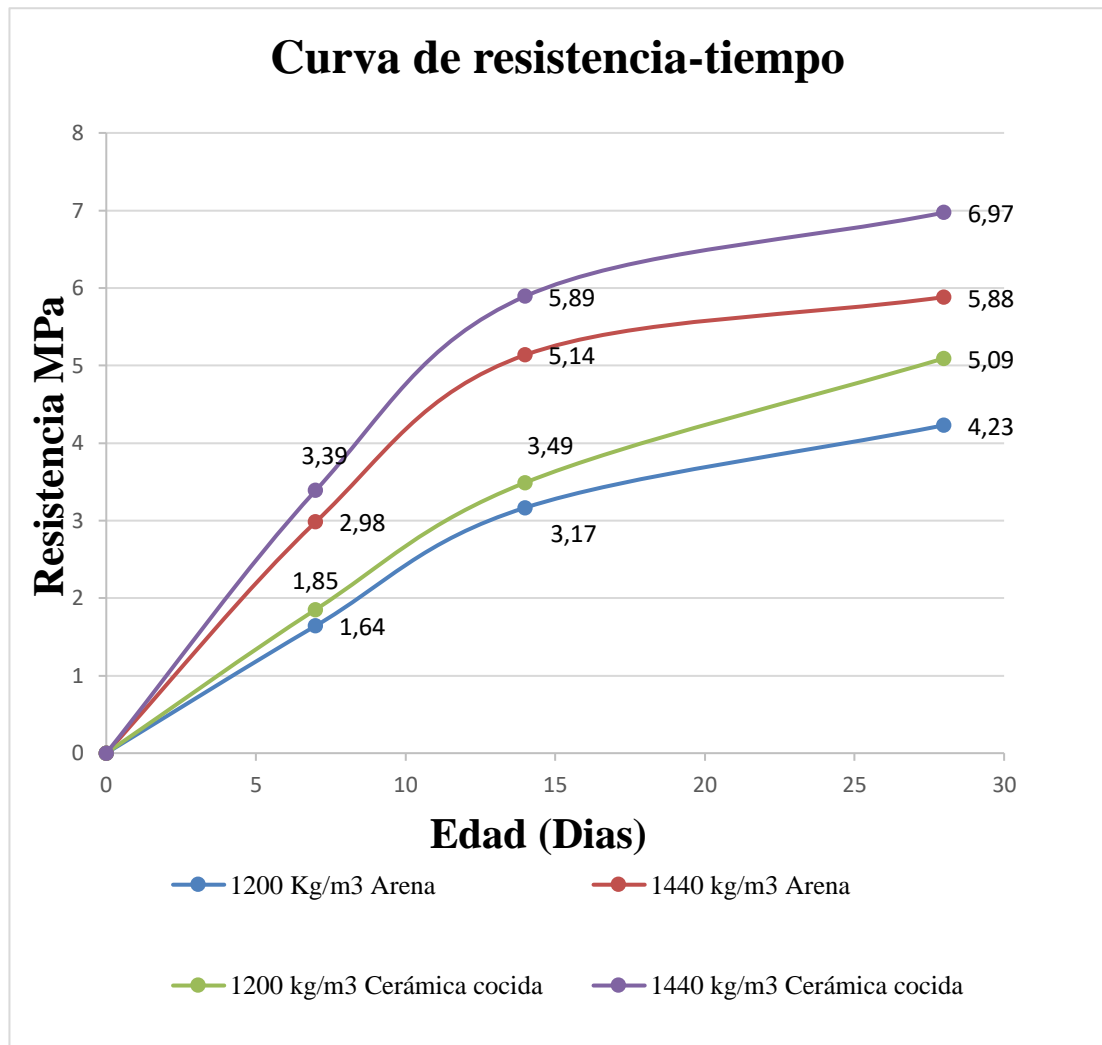
**Figura 29**

*Curva de resistencia a compresión de las muestras con cerámica cocida-1440 kg/m<sup>3</sup>*



**Figura 30**

*Curva comparativa de resistencia a compresión de las mezclas de hormigón celular*



### 5.7. Análisis de la resistencia a flexión

**Tabla 25**

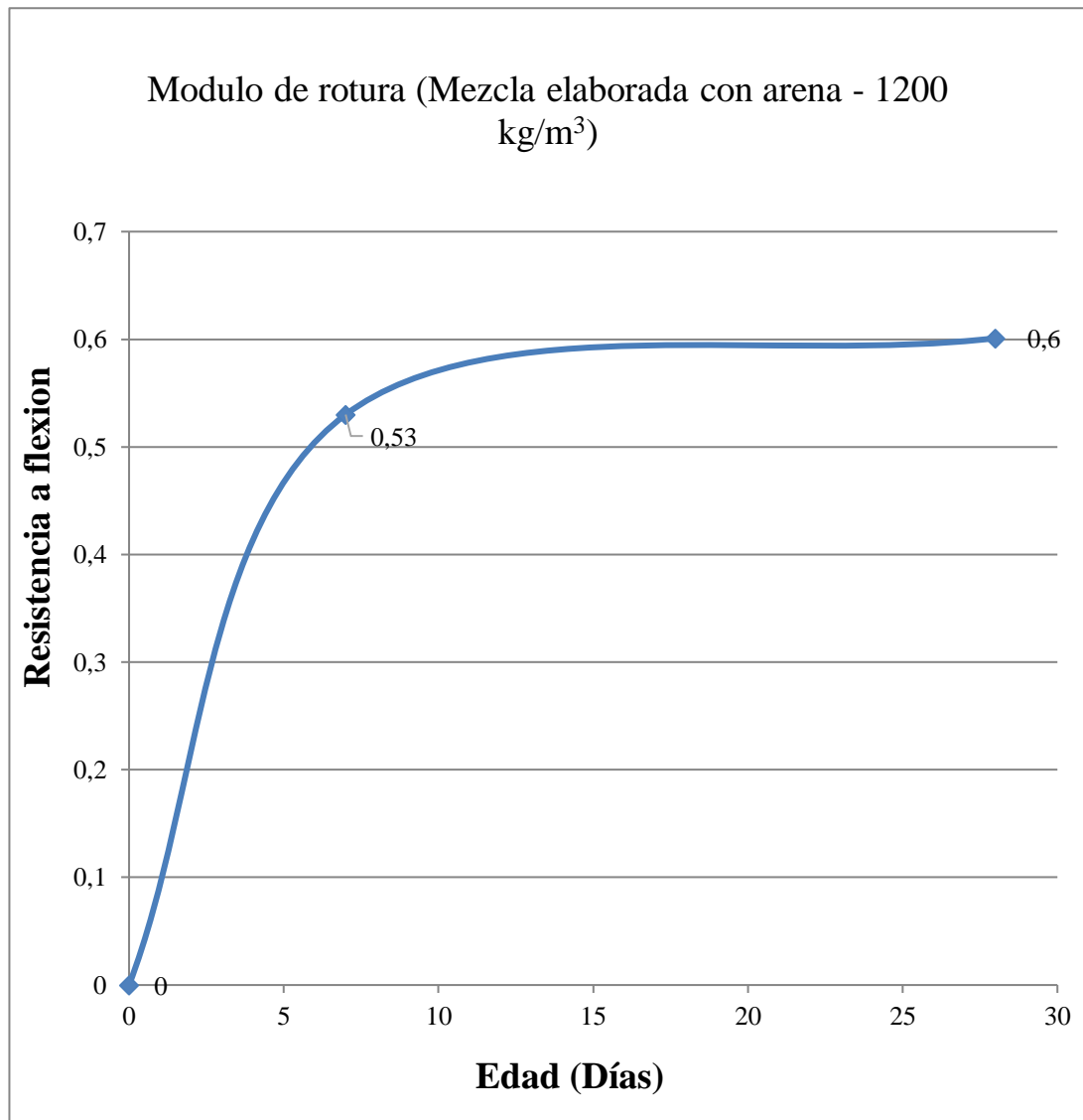
*Resultados de la resistencia a la flexión de las muestras con arena-1200 kg/m<sup>3</sup>*

Densidad Aparente	Tipo de Agregado	Resistencia a la Flexión (MPa)		
		0 días	7 días	28 días
1200 kg/m <sup>3</sup>	Arena	0	0.53	0.6

Nota: La tabla muestra la resistencia a la flexión de acuerdo con sus días de ruptura.

**Figura 31**

*Curva de resistencia a la flexión de las muestras con arena-1200kg/m<sup>3</sup>*



**Tabla 26**

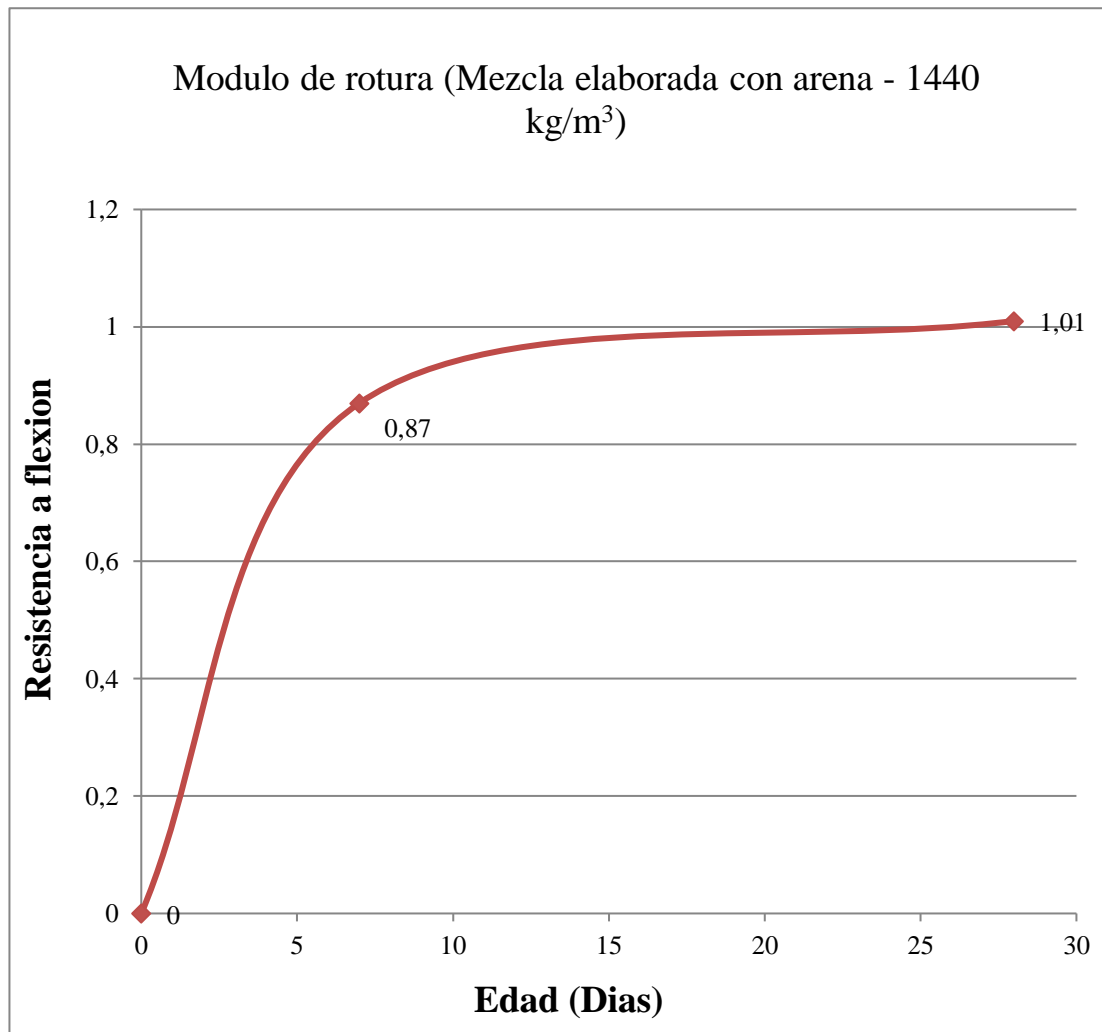
*Resultados de la resistencia a la flexión de las muestras con arena-1440 kg/m<sup>3</sup>*

Densidad Aparente	Tipo de Agregado	Resistencia a la Flexión (MPa)		
		0 días	7 días	28 días
1440 kg/m <sup>3</sup>	Arena	0	0.87	1.01

Nota: La tabla muestra la resistencia a la flexión de acuerdo con sus días de ruptura.

**Figura 32**

*Curva de resistencia a la flexión de las muestras con arena- 1440 kg/m<sup>3</sup>*



**Tabla 27**

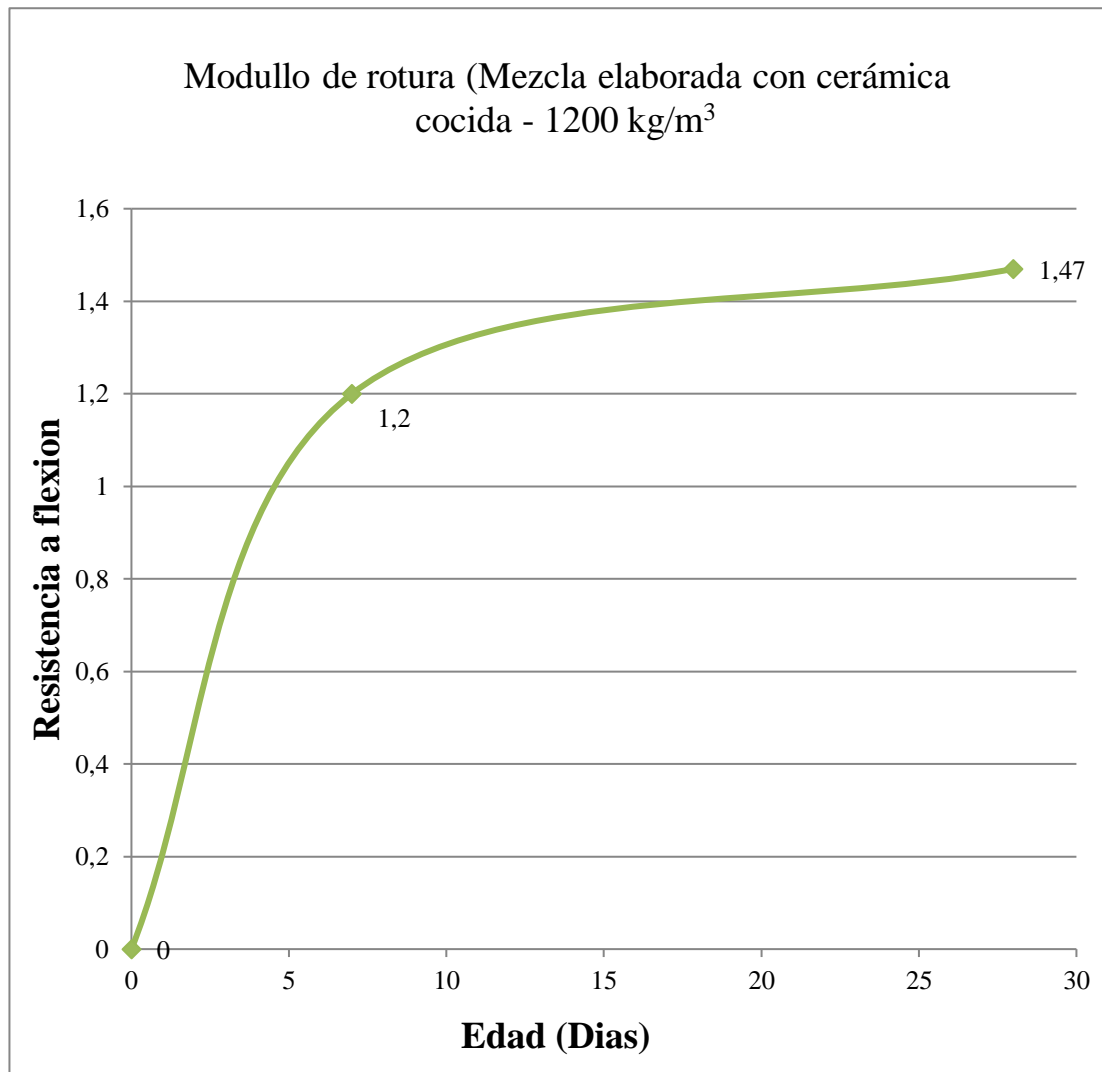
*Resultados de la resistencia a la flexión de las muestras con cerámica cocida- 1200kg/m<sup>3</sup>*

Densidad Aparente	Tipo de Agregado	Resistencia a la Flexión (MPa)		
		0 días	7 días	28 días
1200 kg/m <sup>3</sup>	Cerámica cocida	0	1.2	1.47

Nota: La tabla muestra la resistencia a la flexión de acuerdo con sus días de ruptura.

**Figura 33**

*Curva de resistencia a la flexión de las muestras con cerámica cocida- 1200 kg/m<sup>3</sup>*



**Tabla 28**

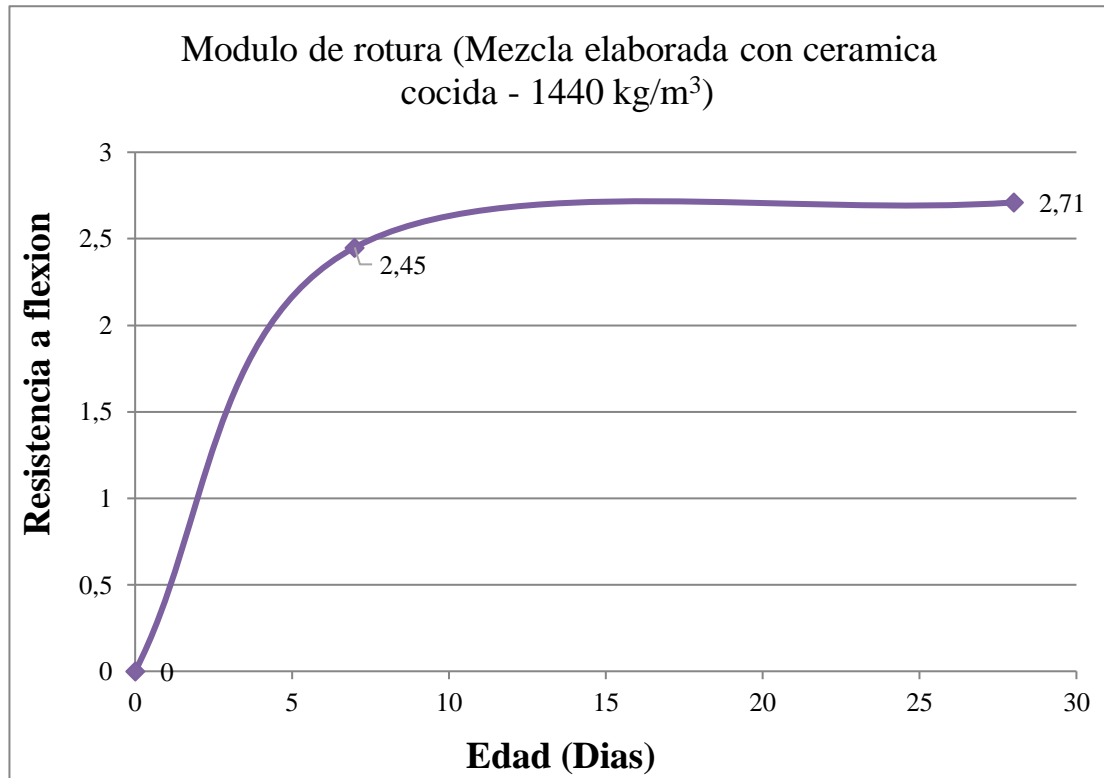
*Resultados de la resistencia a la flexión de las muestras con cerámica cocida- 1440 kg/m<sup>3</sup>*

Densidad Aparente	Tipo de Agregado	Resistencia a la Flexión (MPa)		
		0 días	7 días	28 días
1440 kg/m <sup>3</sup>	Cerámica cocida	0	2.45	2.71

Nota: La tabla muestra la resistencia a la flexión de acuerdo con sus días de ruptura.

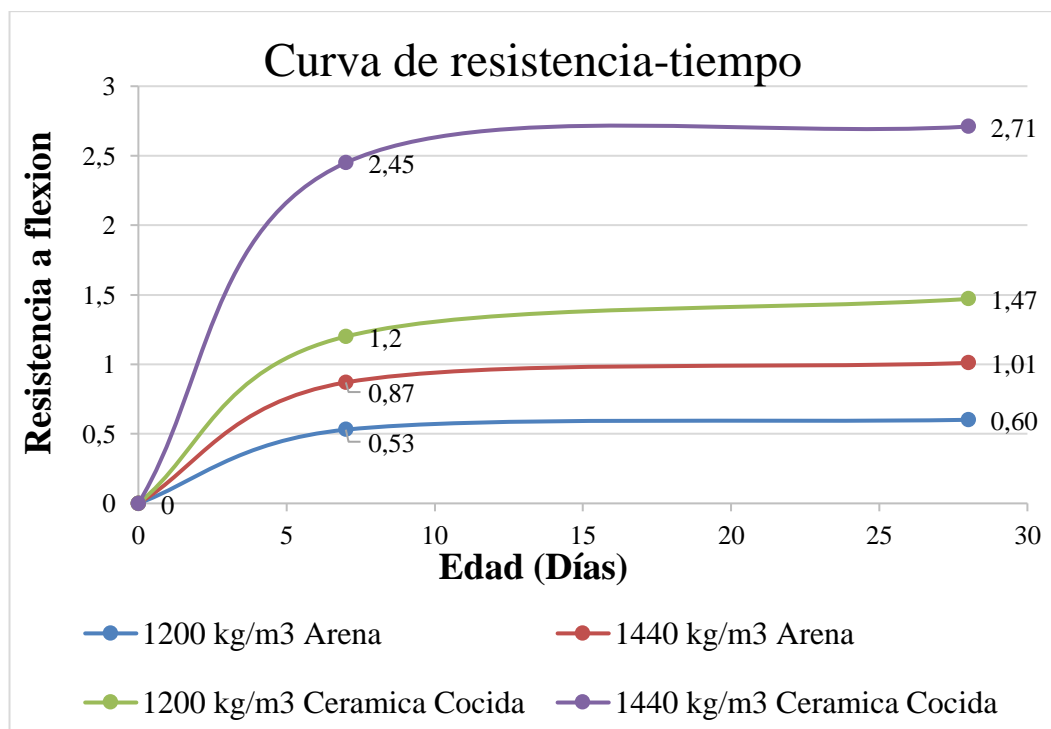
**Figura 34**

*Curva de resistencia a la flexión de las muestras con cerámica cocida- 1440 kg /m<sup>3</sup>*



**Figura 35**

*Curva comparativa de las resistencias a la flexión del hormigón celular*





## 5.8. Análisis de precio unitario del hormigón celular

Se analizó el costo por metro cubico donde se puede observar el análisis detallado de los valores que se deben dar al momento de la producción del hormigón celular ver anexo 37, 40, en donde podemos observar que el valor de la cerámica cocida es elevado a comparación del agregado tradicional que es la arena.

**Tabla 29**

*Resultados del análisis de precio unitario para 1 m<sup>3</sup> de hormigón celular*

<b>Ítems</b>	<b>Densidad</b>	<b>Precio</b>
<b>H.C. Elaborado con Arena</b>	1200 kg/m <sup>3</sup>	\$124,83
<b>H.C. Elaborado con Arena</b>	1440 kg/m <sup>3</sup>	\$126,54
<b>H.C. Elaborado con Cerámica Cocida</b>	1200 kg/m <sup>3</sup>	\$133,66
<b>H.C. Elaborado con Cerámica Cocida</b>	1440 kg/m <sup>3</sup>	137,35

# CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 5.1. Conclusiones

- El cemento tipo HE utilizado en la elaboración del hormigón celular cumple con la norma ASTM C-1157, fabricado por la empresa Holcim, este cemento se utiliza para que el hormigón alcance una alta resistencia a edad temprana; la cerámica cocida y la arena cumplen con el límite de gradación que se establece en la norma ASTM C-33, cuyos módulos de finura se encuentren entre el límite permitido de 2,3 a 3,1 y además está libre de cualquier sustancia que perjudique a la mezcla; el agua de amasado es proveniente de la empresa Aguapen que cumple con los estándares de calidad que se muestran en la tabla 2 delimitada en la normativa NTE INEN-1108; en el caso del aditivo espumante RV-2020 se evaluó la concentración de la espuma de acuerdo a las normas ASTM C 796 y ASTM C 869 en la cual cumple con los parámetros establecidos, formando una espuma de consistencia estable, un pH neutro y cuya densidad oscila entre  $50 \text{ kg/m}^3$  a  $90 \text{ kg/m}^3$ ; el aditivo Plastocrete HE-161 que permitió la plastificación de las mezclas cumple con la normativa ASTM C 494.
- Se tiene una dosificación de hormigón celular patrón elaborado con arena que cumple con la normativa ACI 523.3R-14, en donde se utilizó 13,152 kg de cemento, 4,956 kg de agua, 34,480 kg de arena, 0,132 lt de aditivo y 0,953 kg de espuma para una densidad en estado fresco de  $1560 \text{ kg/m}^3$ , en la cual se obtuvo una densidad en estado endurecido de  $1493,93 \text{ kg/m}^3$  con una resistencia a la compresión de 5,88 MPa a los 28 días.
- Se diseñó la dosificación del hormigón celular reemplazando la arena por la cerámica cocida siguiendo los parámetros establecidos en la norma mencionada, en donde se utilizó 13,274 kg de cemento, 4,850 kg de agua, 30,6 kg de cerámica cocida, 0,133 lt de aditivo y 0,698 kg de espuma para una densidad en estado fresco de  $1440 \text{ kg/m}^3$ , en donde se obtuvo una

- densidad aparente en estado endurecido de 1468,42 kg/m<sup>3</sup> con una resistencia a la compresión de 6,97 MPa a los 28 días.
- Al realizar el ensayo de cono de Abrams y verificar la consistencia de las mezclas de hormigón celular, se logra notar que el rango de dispersión de las diferentes muestras varía entre 24 a 27 cm, dependiendo de su densidad, esto nos da a entender que las muestras son de un aspecto muy fluido y se pudo corroborar con el ensayo de mesa de flujo, en donde se diferencia que las muestras elaboradas con cerámica cocida tienen una mayor fluidez que las mezclas elaboradas con arena.
- Al realizar el ensayo de la aguja de Vicat se determinó, que el tiempo de fraguado de las mezclas de hormigón celular elaborado con arena y cerámica tienen un rango de tiempo distinto, teniendo como resultado un tiempo de 175 min para la cerámica cocida y 240 min en la arena.
- El precio unitario por m<sup>3</sup> del hormigón celular elaborado con arena es de \$128,32 para una densidad de 1440 kg/m<sup>3</sup>; mientras que la dosificación elaborada con cerámica cocida tiene un valor de \$139,36 para una densidad de 1440 kg/m<sup>3</sup>, este precio es superior al de la arena debido al elevado costo de la arcilla triturada en el mercado.

## 5.2. Recomendaciones

- De acuerdo con la norma ACI 523.3R-14 en donde indica que la densidad en estado endurecido disminuye entre 80 a 160 kg/m<sup>3</sup> con respecto a la densidad en estado endurecido, no se debe de tomar en consideración en el diseño de la mezcla de hormigón celular con cerámica cocida, puesto que este material no disminuye significativamente la densidad con respecto a otros agregados finos.
- En el momento del mezclado de los materiales, se debe realizar simultáneamente la fabricación de la espuma para evitar pérdida en el rendimiento debido al contacto de la burbuja con el ambiente.
- En el proceso de fabricación de la espuma, se debe tener en cuenta la presión que ejercerá el compresor a la máquina generadora de espuma esta oscilará entre los 100 PSI, debido a este factor variará la densidad de la espuma.
- El tiempo de mezclado es fundamental para la obtención de la densidad del

hormigón celular, se recomienda terminar este proceso cuando la mezcla esta homogénea, esto puede ocurrir entre 4 a 6 minutos.

- Investigar el proceso de curado en autoclave, para verificar si mejorará las propiedades del hormigón celular.
- Se recomienda implementar la utilización de cualquier tipo de fibra natural que permita aumentar la resistencia a la compresión del hormigón celular.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abanto, F. J. E. S. M. E., segunda edición. Lima–Perú. (2009). Tecnología del Concreto (Teoría y problemas).
2. Álvarez Palacios, G., & Sáez Bravo, E. J. V. C. (2012). Hormigón Ligeró, aspectos técnicos y estéticos.
3. Amran, Y. M., Farzadnia, N., Ali, A. A. J. C., & Materials, B. (2015). Properties and applications of foamed concrete; a review. *101*, 990-1005.
4. Arapa, E. (2016). *Análisis y diseño comparativo de concreto celular usando espuma de poliestireno y agente espumante*. Tesis de pregrado). Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Perú,
5. Arbito, G. J. M. e. c. U. d. C., Cuenca. Recuperado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/25669/1/Tesis.pdf>. (2016). Concreto Celular para uso Estructural”.
6. Caicedo Barona, W. A., & Tipán Quinatoa, F. M. (2019). *Propiedades mecánicas del hormigón estructural ligero y celular, utilizando materiales de diferentes canteras en la ciudad de Quito*. Quito: UCE,
7. CEMENTO HIDRAULICO, DEFINICION DE TERMINOS. (2010).
8. Cevallos Macias, A. E., & Gonzabay Asencio, M. O. (2020). *Diseño de un sistema estructural para losas de piso empleando losetas de mortero celular*. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2020.,
9. Chica, L., Alzate, A. J. C., & Materials, B. (2019). Cellular concrete review: New trends for application in construction. *200*, 637-647.
10. Elizondo Fócil, A. Caracterización del Concreto Celular Elaborado con Espuma Preformada-Edición Única.
11. Guglielmi, P., Silva, W., Repette, W., & Hotza, D. J. A. i. C. E. (2010). Porosity and mechanical strength of an autoclaved clayey cellular concrete. *2010*.
12. Harmsen, T. E. (2005). *Diseño de estructuras de concreto armado*: Fondo editorial PUCP.
13. INECYC & APRHOPEC. (2007). Retrieved from <https://vdocuments.net/libro-el-manual-de-pepe-hormigon.html>
14. Izquierdo, M., & ORTEGA RIVERA, O. E. (2017). Desarrollo y aplicación del concreto celular a base de aditivo espumante para la elaboración de

bloques macizos destinados a tabiquerías no portantes en edificaciones.

15. Jacinto Aquino, J. E. (2021). Diseño de mezcla de concreto permeable utilizando diferentes porcentajes de agregado fino y aditivos en la ciudad de Chiclayo.
16. Lazo Arraya, J. (2017). Diseño de concreto celular para diferentes densidades, análisis de sus propiedades y sus aplicaciones.
17. Lim, S. K., Tan, C. S., Li, B., Ling, T.-C., Hossain, M. U., Poon, C. S. J. C., & Materials, B. (2017). Utilizing high volumes quarry wastes in the production of lightweight foamed concrete. *151*, 441-448.
18. Iivanos, C. (2016). Concretos livianos. Retrieved from <http://blogguenuevo.blogspot.com/2016/03/concretos-livianos.html>
19. Mejía Espinosa, L. R. (2010). *Utilización de hormigón celular como base y subbase en la construcción de carreteras*. QUITO/PUCE/2010,
20. Montoya, P. J., Meseguer, Á. G., & Cabré, F. M. (2000). *Hormigón armado*: Gustavo Gili.
21. Neville, A. M. (2013). *Tecnología do concreto*: Bookman Editora.
22. NTE INEN 1573. (2010). *HORMIGON DE CEMENTO HIDRAULICO. DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ESPECIMENES CILINDRICOS DE HORMIGON DE CEMENTO HIDRAULICO*. Retrieved from <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1573.pdf>
23. Onprom, P., Chaimoon, K., Cheerarot, R. J. A. i. M. S., & Engineering. (2015). Influence of bottom ash replacements as fine aggregate on the property of cellular concrete with various foam contents. *2015*.
24. Panesar, D. J. C., & materials, b. (2013). Cellular concrete properties and the effect of synthetic and protein foaming agents. *44*, 575-584.
25. Pérez, Y. M. (2011). El hormigón celular aireado como conformador de pendiente y prepiso.
26. Rengifo Cuenca, M. C., & Yupangui Cushicondor, R. V. (2013). *Estudio del hormigón celular*. QUITO/EPN/2013,
27. Retamal, F. A., Rougier, V. C., & Escalante, M. R. (2020). *ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL HORMIGÓN CELULAR SIMPLE Y HORMIGON CELULAR REFORZADO CON FIBRAS EN VIGAS HÍBRIDAS DE HORMIGÓN ARMADO*. Paper presented at the 15° Congreso

- Internacional de Patología y Recuperación de Estructuras (Artículos completos): Materiales, patrimonio histórico, gestión y normalización.
28. Richard, A. O., Ramli, M. J. B. J. o. A. S., & Technology. (2013). Experimental production of sustainable lightweight foamed concrete. 3(4), 994.
  29. Rivera, G. J. C. S. (2006). Aditivos para mortero y concreto. 231-255.
  30. Robalino Villagomez, G. H. (2016). *IMPLEMENTACIÓN DEL MORTERO CELULAR EN EL ECUADOR*.
  31. Vásquez, A. J. C. P. S. (2012). Cemento y sus aplicaciones. 7-12.
  32. Yoc Chamalé, J. A. (2018). *Fabricación y evaluación experimental de unidades de mampostería de concreto celular de espuma preformada*. Universidad de San Carlos de Guatemala,
  33. ESPECIFICACION ESTANDAR PARA AGREGADOS DE CONCRETO. (2016). *ASTM C-33*. Obtenido de <https://pdfcoffee.com/astm-c33-03-espaol-5-pdf-free.html>
  34. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORAMLIZACION. (2011). *NTE INEN 696*. Obtenido de ARIDOS. ANALISIS GRANULOMETRICO EN LOS ARIDOS, FINO Y GRUESO: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/696.pdf>
  35. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION . (2009). *NTE INEN 158*. Obtenido de CEMENTO HIDRAULICO. DETERMINACION DEL TIEMPO DE FRAGUADO. METODO DE VICAT: <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-de-las-fuerzas-armadas-de-ecuador/business-management/158-determinacion-de-tiempo-de-fraguado-metodo-vicat/6622924>
  36. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION . (2011). *NTE INEN 2554*. Obtenido de HORMIGON DE CEMENTO HIDRAULICO. DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA FELXION DEL HORMIGON. (UTILIZANDO UNA VIGA SIMPLE CON CARGA EN LOS TERCIOS): <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2554.pdf>
  37. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION. (2010). *NTE INEN 1578*. Obtenido de HORMIGON DE CEMENTO HIDRAULICO. DETERMINACION DEL ASENTAMIENTO:

- <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1578.pdf>
38. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION. (2010). *NTE INEN 856*. Obtenido de ARIDOS. DETERMINACION DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECIFICA) Y ABSORCION DEL ARIDO FINO:  
[https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/NTE\\_INEN\\_856.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/NTE_INEN_856.pdf)
39. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION. (2010). *NTE INEN 858*. Obtenido de ARIDOS. DETERMINACION DE LA MASA UNITARIA (PESO VOLUMETRICO) Y EL PORCENTAJE DE VACIOS:  
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/858.pdf>
40. INTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION. (2011). *NTE INEN 862*. Obtenido de ARIDOS PARA HORMIGON. DETERMINACION DEL CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD:  
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/862.pdf>
41. METODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA PESO UNITARIO, CONTENIDO DE CEMENTO Y CONTENIDO DE AIRE (GRAVIMETRICO) DE MATERIAL DE RESISTENCIA BAJA CONTROLADA (MRBC). (2003). *ASTM D-6023*. Obtenido de <https://pdfcoffee.com/astm-designacion-d-6023-02-4-pdf-free.html>
42. METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA DENSIDAD, ABSORCION Y VACIOS EN CONCRETO ENDURECIDO. (1997). *ASTM C-642*. Obtenido de <https://pdfcoffee.com/astm-c-642-5-pdf-free.html>
43. NORMA TECNICA COLOMBIANA. (1997). *NTC 111*. Obtenido de METODO PARA DETERMINAR LA FLUIDEZ DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRAULICO: <https://pdfslide.net/documents/ntc-111-metodo-para-determinar-la-fluidez-de-morteros-de-cemento-hidraulicopdf.html>



# ANEXOS

## Anexo 1. Proceso de obtención de la cerámica cocida

	<p style="text-align: center;"><b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA</b></p>	
DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CELULAR SEGÚN NORMA ACI 523.3R-14		
<b>TESIS:</b> DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA <b>TESISTAS:</b> ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA <b>TUTOR:</b> ING. RICHARD RAMIREZ PALMA <span style="float: right;"><b>FECHA:</b> 15/06/2021</span>		
<b>PROCESO DE OBTENCION DE LA CERAMICA COCIDA</b>		
		
Limpieza	Trituración	
		
Tamizado	Cerámica cocida	
ELABORADO POR: ROGELIO GOMEZ JAIRO MORA		REVISADO POR: ING. RICHARD RAMIREZ



## HOJA TÉCNICA DE PRODUCTO

# Plastocrete® 161 HE

PLASTIFICANTE ACELERANTE PARA HORMIGÓN

### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Plastocrete 161 HE es un aditivo líquido para hormigón. Diseñado para cumplir la norma ASTM C-494 Tipo E; aditivo químico reductor de agua y acelerante de resistencias. No es inflamable.

#### USOS

Plastocrete 161 HE se debe usar donde se desee:

- Altas resistencias a temprana edad.
- Rápida obtención de resistencias en lugares fríos.
- Aumentar la manejabilidad de la mezcla y acelerar resistencias.
- Disminuir el contenido de cemento, al reducir el agua de la mezcla, y mantener la relación A/C.

#### VENTAJAS

- Incrementa conjuntamente la resistencia inicial y final del hormigón
- Permite un rápido desencofrado.
- Mayor utilización de encofrados.
- Aumenta la trabajabilidad de la mezcla.
- Permite el pronto uso de las obras

#### MODO DE EMPLEO

Agregar la cantidad requerida, manualmente o por medio de un dosificador automático, al agua de la mezcla.

#### DOSIFICACIÓN

- La dosificación varía del 0,2% al 2,5% del peso del cemento.

### DATOS TÉCNICOS

**ASPECTO:** Líquido color ambar oscuro  
**DENSIDAD:** 1,10 kg/l. aproximadamente

---

#### PRECAUCIONES Y LIMITACIONES

- No usarlo en hormigones que vayan a estar en contacto con magnesio y aluminio, o en hormigón presforzado.
- En caso de contacto con la piel, lavar con agua y jabón.
- En caso de salpicaduras en los ojos, lavarlos con suficiente agua y consultar al oftalmólogo. Usar anteojos protectores.
- Agite el producto fuertemente antes de usar, no use aire a presión para su agitación.

---

#### PRESENTACIÓN

Plástico: 2 kg.

Plástico: 4 kg.

Plástico: 10 kg.

Tambor: 220 kg.

#### ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE

El tiempo de almacenamiento es de 24 meses en sitio fresco y bajo techo, en su envase original bien cerrado.

Transportar con las precauciones normales a tomar para productos químicos. Si necesita información adicional, consulte al Departamento Técnico de Sika Ecuatoriana S.A.

#### CÓDIGOS R/S

R: 22/25

S: 2/26

---

#### NOTA LEGAL

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y uso final de los productos Sika son proporcionados de buena fe, basados en el conocimiento y experiencia actuales de Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados y manipulados, así como aplicados en condiciones normales de acuerdo a las recomendaciones Sika. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra son tan particulares que de esta información, cualquier recomendación escrita o cualquier otro consejo no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad en particular, así como ninguna responsabilidad que surja de cualquier relación legal. El usuario del producto debe probar la conveniencia del mismo para un determinado propósito. Sika se reserva el derecho de cambiar las propiedades de sus productos. Se debe respetar los derechos de propiedad de terceros. Todas las órdenes de compra son aceptadas de acuerdo con nuestras actuales condiciones de venta y despacho. Los usuarios deben referirse siempre a la edición más reciente de la Hoja Técnica local, cuyas copias serán facilitadas a solicitud del cliente.

Sika Ecuatoriana S.A. dispone de un sistema de gestión de la calidad y ambiental certificado de acuerdo a las normas ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015 respectivamente, por SGS.

**Sika Ecuatoriana S.A.** <https://ecu.sika.com>



Durán - Km. 3 1/2 vía Durán - Tambo (Casilla 10093) PBX (593-4) 2812700 Fax (593-4) 2801229

Quito - Av. Naciones Unidas entre Ibaquito y Núñez de Vela, Edificio Metropolitan, PBX (593-4) 2812700

Cuenca - Av. Ordoñez Lasso y Los Claveles, Edif. Palermo Tel: +5937 4 089725 - 4102829

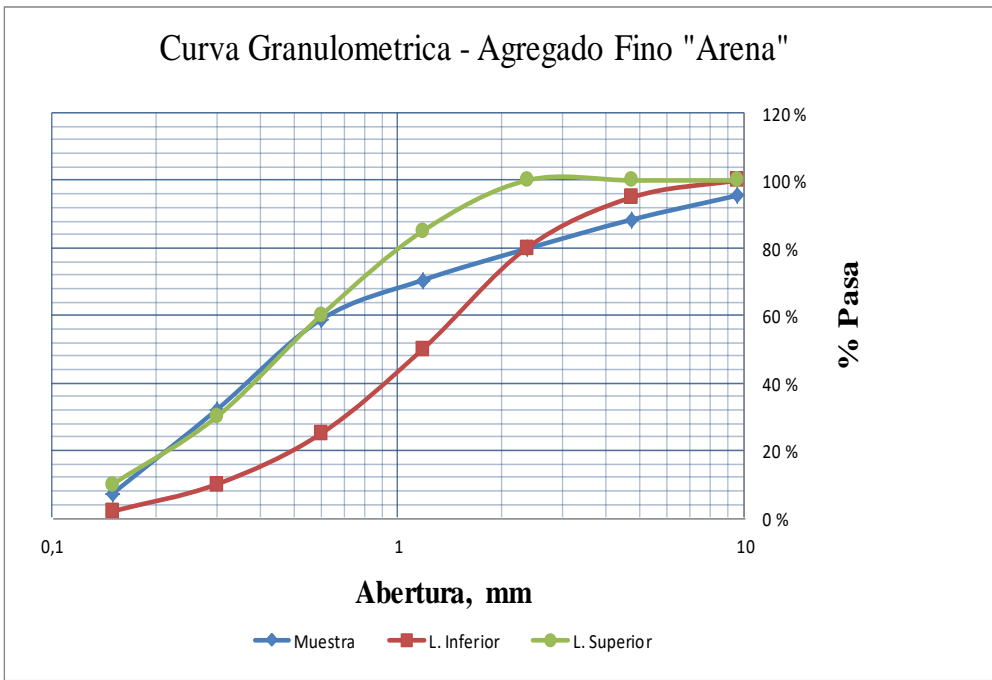
---

### Anexo 3. Análisis granulométrico del Agregado fino (Arena)

		<b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA</b>					
DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CELULAR SEGÚN NORMA ACI 523.3R-14							
<b>TESIS:</b> DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA <b>TESISTAS:</b> ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA <b>TUTOR:</b> ING. RICHARD RAMIREZ PALMA <b>FECHA:</b> 29/06/2021 <b>MUESTRA:</b> ARENA							
<b>CARACTERISTICAS DEL AGREGADO FINO</b>							
<b>ENSAYO - ANALISIS GRANULOMETRICO</b>							
TAMIZ N°	MM	RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO	% PASA	A.S.T.M.	
3/8	9,53	0,51	4,51	4,51	95,49	100	100
No 4	4,75	0,8	7,07	11,58	88,42	95	100
No 8	2,36	0,98	8,66	20,25	79,75	80	100
No 16	1,18	1,05	9,28	29,53	70,47	50	85
No 30	0,60	1,32	11,67	41,20	58,80	25	60
No 50	0,30	3,02	26,70	67,90	32,10	10	30
No 100	0,15	2,81	24,85	92,75	7,25	2	10
FONDO		0,82	7,25	100,00	0,00	0	0
<b>TOTAL</b>		11,31	100,00	267,73			
<b>MF</b>		2,68					



  

#### Curva Granulometrica - Agregado Fino "Arena"



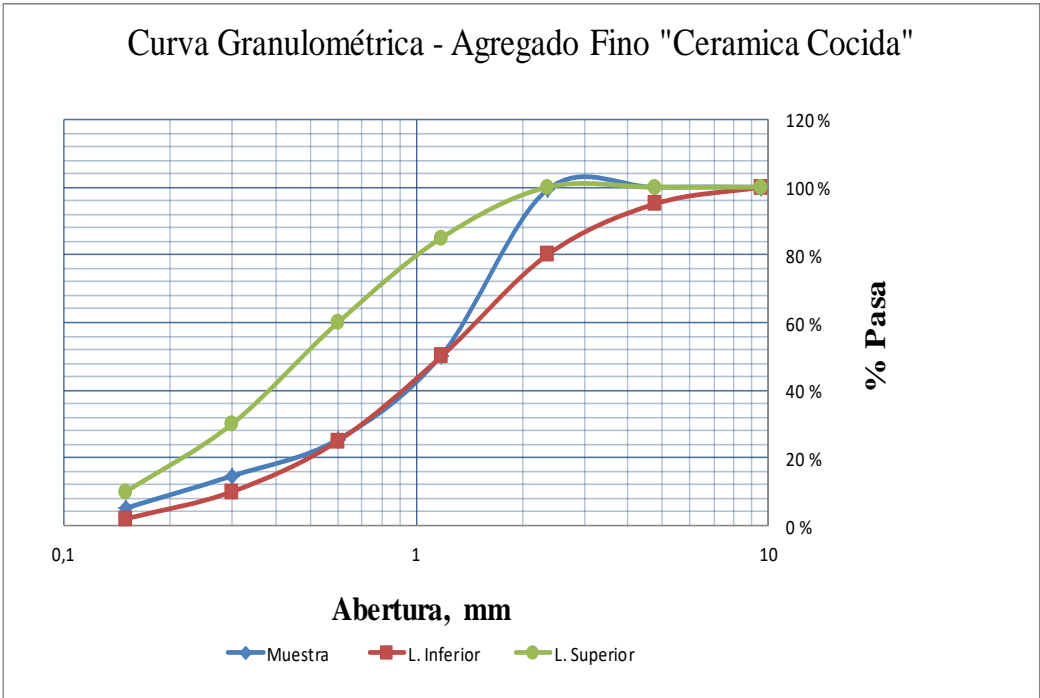
ELABORADO POR: ROGELIO GOMEZ JAIRO MORA	REVISADO POR: ING. RICHARD RAMIREZ
---	---------------------------------------

## Anexo 4. Análisis granulométrico del Agregado fino (Cerámica cocida)

		<b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA</b>					
DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CELULAR SEGÚN NORMA ACI 523.3R-14							
<b>TESIS:</b> DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA							
<b>TESISTAS:</b> ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA							
<b>TUTOR:</b> ING. RICHARD RAMIREZ PALMA				<b>FECHA:</b> 29/06/2021		<b>MUESTRA:</b> CERAMICA COCIDA	
<b>CARACTERISTICAS DEL AGREGADO FINO</b>							
<b>ENSAYO - ANALISIS GRANULOMETRICO</b>							
TAMIZ N°	MM	RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO	% PASA	A.S.T.M.	
3/8	9,53	0	0,00	0,00	100,00	100	100
No 4	4,75	0	0,00	0,00	100,00	95	100
No 8	2,36	3,01	0,76	0,76	99,24	80	100
No 16	1,18	194,84	48,91	49,67	50,33	50	85
No 30	0,60	99,21	24,90	74,57	25,43	25	60
No 50	0,30	42,92	10,77	85,34	14,66	10	30
No 100	0,15	37,67	9,46	94,80	5,20	2	10
FONDO		20,71	5,20	100,00	0,00	0	0
<b>TOTAL</b>		398,36	100,00	305,14			
<b>MF</b>		3,05					

### Curva Granulométrica - Agregado Fino "Ceramica Cocida"



The graph displays the cumulative percentage of aggregate passing through various sieve sizes. The 'Muestra' curve (blue diamonds) shows a distribution that is slightly finer than the 'L. Inferior' limit (red squares) and slightly coarser than the 'L. Superior' limit (green circles) in the 0.3 to 0.6 mm range. The 'L. Superior' curve reaches 100% passing at approximately 2.5 mm, while the 'Muestra' and 'L. Inferior' curves reach 100% at 10 mm.



ELABORADO POR: ROGELIO GOMEZ JAIRO MORA	REVISADO POR: ING. RICHARD RAMIREZ
---	---------------------------------------

**Anexo 5.** Determinación del peso volumétrico suelto y densidad saturada superficialmente seca del agregado fino (Arena)

	<b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA</b>																									
DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CELULAR SEGÚN NORMA ACI 523.3R-14																										
<b>TESIS:</b> DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA <b>TESISTAS:</b> ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA <b>TUTOR:</b> ING. RICHARD RAMIREZ PALMA <span style="float: right;"><b>MUESTRA:</b> ARENA</span> <b>FECHA:</b> 29/06/2021																										
<b>CARACTERISTICAS DEL AGREGADO FINO</b>																										
<b>ENSAYOS - ARENA</b>																										
<b>PESO VOLUMETRICO SUELTO</b>																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #cfe2f3;"> <th style="width: 50%;">ITEM</th> <th style="width: 25%;">VALOR</th> <th style="width: 25%;">UNIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>VOLUMEN</td> <td style="text-align: center;">0,002707</td> <td style="text-align: center;">m3</td> </tr> <tr> <td>P.V.S + R</td> <td style="text-align: center;">5,063</td> <td style="text-align: center;">Kg</td> </tr> <tr> <td>RECIPIENTE</td> <td style="text-align: center;">1,753</td> <td style="text-align: center;">Kg</td> </tr> <tr> <td>PESO DEL MATERIAL</td> <td style="text-align: center;">3,31</td> <td style="text-align: center;">Kg</td> </tr> <tr> <td>PVS</td> <td style="text-align: center;">1222,76</td> <td style="text-align: center;">kg/m3</td> </tr> </tbody> </table>			ITEM	VALOR	UNIDAD	VOLUMEN	0,002707	m3	P.V.S + R	5,063	Kg	RECIPIENTE	1,753	Kg	PESO DEL MATERIAL	3,31	Kg	PVS	1222,76	kg/m3						
ITEM	VALOR	UNIDAD																								
VOLUMEN	0,002707	m3																								
P.V.S + R	5,063	Kg																								
RECIPIENTE	1,753	Kg																								
PESO DEL MATERIAL	3,31	Kg																								
PVS	1222,76	kg/m3																								
<b>DENSIDAD SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA</b>																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #cfe2f3;"> <th style="width: 50%;">ITEM</th> <th style="width: 25%;">VALOR</th> <th style="width: 25%;">UNIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P.S.S.S.</td> <td style="text-align: center;">500</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>LECTURA INICIAL</td> <td style="text-align: center;">200</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>LECTURA FINAL</td> <td style="text-align: center;">390</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>W(DESALOJADO)</td> <td style="text-align: center;">190</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>VOLUMEN</td> <td style="text-align: center;">190</td> <td style="text-align: center;">cm3</td> </tr> <tr> <td>D.S.S.S.</td> <td style="text-align: center;">2,63</td> <td style="text-align: center;">gr/cm3</td> </tr> <tr> <td>D.S.S.S.</td> <td style="text-align: center;">2631,58</td> <td style="text-align: center;">kg/m3</td> </tr> </tbody> </table>			ITEM	VALOR	UNIDAD	P.S.S.S.	500	gr	LECTURA INICIAL	200	gr	LECTURA FINAL	390	gr	W(DESALOJADO)	190	gr	VOLUMEN	190	cm3	D.S.S.S.	2,63	gr/cm3	D.S.S.S.	2631,58	kg/m3
ITEM	VALOR	UNIDAD																								
P.S.S.S.	500	gr																								
LECTURA INICIAL	200	gr																								
LECTURA FINAL	390	gr																								
W(DESALOJADO)	190	gr																								
VOLUMEN	190	cm3																								
D.S.S.S.	2,63	gr/cm3																								
D.S.S.S.	2631,58	kg/m3																								
ELABORADO POR: ROGELIO GOMEZ JAIRO MORA	REVISADO POR: ING. RICHARD RAMIREZ																									





**Anexo 7.** Determinación del porcentaje de absorción y humedad del agregado fino  
(Arena)



	<b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA</b>																									
DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CELULAR SEGÚN NORMA ACI 523.3R-14																										
<b>TESIS:</b> DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA <b>TESISTAS:</b> JAIRO ALEXI MORA FIGUEROA Y ROGELIO GOMEZ DEL PEZO <b>TUTOR:</b> ING. RICHARD RAMIREZ PALMA <span style="float: right;"><b>MUESTRA:</b> ARENA</span> <b>FECHA:</b> 29/06/2021																										
<b>CARACTERISTICAS DEL AGREGADO FINO</b>																										
<b>ENSAYOS - ARENA</b>																										
<b>% ABSORCION</b>																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #AEC6E0;">ITEM</th> <th style="background-color: #AEC6E0;">VALOR</th> <th style="background-color: #AEC6E0;">UNIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RECIPIENTE</td> <td style="text-align: center;">X2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>W RECIPIENTE (gr)</td> <td style="text-align: center;">98,51</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>W ARENA SATURADA + R</td> <td style="text-align: center;">598,45</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>W ARENA SECA + R</td> <td style="text-align: center;">586</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>W AGUA</td> <td style="text-align: center;">12,45</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>W ARENA SECA</td> <td style="text-align: center;">487,49</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>% ABSORCION</td> <td style="text-align: center;">2,55</td> <td style="text-align: center;">%</td> </tr> </tbody> </table>			ITEM	VALOR	UNIDAD	RECIPIENTE	X2		W RECIPIENTE (gr)	98,51	gr	W ARENA SATURADA + R	598,45	gr	W ARENA SECA + R	586	gr	W AGUA	12,45	gr	W ARENA SECA	487,49	gr	% ABSORCION	2,55	%
ITEM	VALOR	UNIDAD																								
RECIPIENTE	X2																									
W RECIPIENTE (gr)	98,51	gr																								
W ARENA SATURADA + R	598,45	gr																								
W ARENA SECA + R	586	gr																								
W AGUA	12,45	gr																								
W ARENA SECA	487,49	gr																								
% ABSORCION	2,55	%																								
<b>HUMEDAD</b>																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #AEC6E0;">ITEM</th> <th style="background-color: #AEC6E0;">VALOR</th> <th style="background-color: #AEC6E0;">UNIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RECIPIENTE</td> <td style="text-align: center;">X2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>W RECIPIENTE (gr)</td> <td style="text-align: center;">98,5</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>W ARENA + R</td> <td style="text-align: center;">961</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>W ARENA SECA + R</td> <td style="text-align: center;">925</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>W AGUA</td> <td style="text-align: center;">36</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>W ARENA SECA</td> <td style="text-align: center;">826,5</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>HUMEDAD</td> <td style="text-align: center;">4,36</td> <td style="text-align: center;">%</td> </tr> </tbody> </table>			ITEM	VALOR	UNIDAD	RECIPIENTE	X2		W RECIPIENTE (gr)	98,5	gr	W ARENA + R	961	gr	W ARENA SECA + R	925	gr	W AGUA	36	gr	W ARENA SECA	826,5	gr	HUMEDAD	4,36	%
ITEM	VALOR	UNIDAD																								
RECIPIENTE	X2																									
W RECIPIENTE (gr)	98,5	gr																								
W ARENA + R	961	gr																								
W ARENA SECA + R	925	gr																								
W AGUA	36	gr																								
W ARENA SECA	826,5	gr																								
HUMEDAD	4,36	%																								
ELABORADO POR: ROGELIO GOMEZ JAIRO MORA		REVISADO POR: ING. RICHARD RAMIREZ																								



**Anexo 8.** Determinación del porcentaje de absorción y humedad del agregado fino  
(Cerámica cocida)

	<b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA</b>																									
DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CELULAR SEGÚN NORMA ACI 523.3R-14																										
<b>TESIS:</b> DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA <b>TESISTAS:</b> ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA <b>TUTOR:</b> ING. RICHARD RAMIREZ PALMA <span style="float: right;"><b>MUESTRA:</b> CERAMICA COCIDA</span> <b>FECHA:</b> 29/06/2021																										
<b>CARACTERISTICAS DEL AGREGADO FINO</b>																										
<b>ENSAYOS - CERAMICA COCIDA</b>																										
<b>% ABSORCION</b>																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #cfe2f3;"> <th>ITEM</th> <th>VALOR</th> <th>UNIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RECIPIENTE</td> <td>X2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>W RECIPIENTE (gr)</td> <td>98,37</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>W ARENA SATURADA + R</td> <td>286,59</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>W ARENA SECA + R</td> <td>284,23</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>W AGUA</td> <td>2,36</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>W ARENA SECA</td> <td>185,86</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>% ABSORCION</td> <td>1,27</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>			ITEM	VALOR	UNIDAD	RECIPIENTE	X2		W RECIPIENTE (gr)	98,37	gr	W ARENA SATURADA + R	286,59	gr	W ARENA SECA + R	284,23	gr	W AGUA	2,36	gr	W ARENA SECA	185,86	gr	% ABSORCION	1,27	%
ITEM	VALOR	UNIDAD																								
RECIPIENTE	X2																									
W RECIPIENTE (gr)	98,37	gr																								
W ARENA SATURADA + R	286,59	gr																								
W ARENA SECA + R	284,23	gr																								
W AGUA	2,36	gr																								
W ARENA SECA	185,86	gr																								
% ABSORCION	1,27	%																								
<b>HUMEDAD</b>																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #cfe2f3;"> <th>ITEM</th> <th>VALOR</th> <th>UNIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RECIPIENTE</td> <td>T</td> <td></td> </tr> <tr> <td>W RECIPIENTE (gr)</td> <td>76,75</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>W ARENA + R</td> <td>600</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>W ARENA SECA + R</td> <td>575,25</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>W AGUA</td> <td>24,75</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>W ARENA SECA</td> <td>498,5</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>HUMEDAD</td> <td>4,96</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>			ITEM	VALOR	UNIDAD	RECIPIENTE	T		W RECIPIENTE (gr)	76,75	gr	W ARENA + R	600	gr	W ARENA SECA + R	575,25	gr	W AGUA	24,75	gr	W ARENA SECA	498,5	gr	HUMEDAD	4,96	%
ITEM	VALOR	UNIDAD																								
RECIPIENTE	T																									
W RECIPIENTE (gr)	76,75	gr																								
W ARENA + R	600	gr																								
W ARENA SECA + R	575,25	gr																								
W AGUA	24,75	gr																								
W ARENA SECA	498,5	gr																								
HUMEDAD	4,96	%																								
ELABORADO POR: ROGELIO GOMEZ JAIRO MORA		REVISADO POR: ING. RICHARD RAMIREZ																								

## Anexo 9. Diseño de mezcla de hormigón celular elaborado con arena - 1200 kg/m<sup>3</sup>

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA					
DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CELULAR SEGÚN NORMA ACI 523.3R-14							
<b>TESIS:</b> DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA							
<b>TESISTAS:</b> ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA							
<b>TUTOR:</b> ING. RICHARD RAMIREZ PALMA				<b>MUESTRA:</b> ARENA			
<b>FECHA:</b> 05/07/2021							
<b>DOSIFICACION DEL HORMIGÓN CELULAR</b>							
<b>CARACTERISTICA DE LOS MATERIALES</b>							
<b>ARENA</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CEMENTO</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>		
DENSIDAD	2,63	gr/cm3	TIPO DE CEMENTO	HE			
CONTENIDO DE HUMEDAD	4,36	%	PESO ESPECIFICO	3,15	g/cm3		
ABSORCION	2,39	%					
MODULO DE FINURA	2,35						
<b>AGUA</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>ESPUMA</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>		
DENSIDAD DEL AGUA	1000	kg/m3	RENDIMIENTO	0,8			
			DENSIDAD	61	kg/m3		
<b>EN CASO DE USAR ADITIVOS Y FIBRAS</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>				
ADITIVO	1,10	kg/lt	1	% PESO DEL CEMENTO			
FIBRA	1	kg/lt	0	KG/M3			
<b>DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CELULAR SEGÚN NORMA ACI 523.14</b>							
DENSIDAD EN ESTADO FRESCO	1320	kg/m3					
RESISTENCIA A LA COMPRESION F'C	6,20	MPA					
RELACION AGUA/CEMENTO (a/c)	0,5	RANGO (0,45 A 0,60) SEGUN NORMA ACI 523.3R-14					
RELACION ARENA CEMENTO ( )	1,88						
<b>RESULTADOS PRELIMINARES PARA 1M3 DE HC</b>							
<b>ITEM</b>	<b>VALOR</b>		<b>UNIDAD</b>		<b>VOLUMEN</b>		
DENSIDAD SECADA AL HORNO	1198,000		kg/m3				
CANTIDAD DE CEMENTO	391,069		kg/m3		0,1241		
CANTIDAD DE AGUA DE DISEÑO	195,535		lt/m3		0,1955		
CANTIDAD DE ARENA	733,396		kg/m3		0,2789		
CANTIDAD DE ADITIVO	3,911		lt/m3		0,0036		
CANTIDAD DE FIBRA	0,000		kg/m3		0,0000		
VOLUMEN ABSOLUTO DE DISEÑO	0,602		kg/m3		0,6021		
VOLUMEN DE AIRE REQUERIDO	0,398		m3				
VOLUMEN DE LA ESPUMA REQUERIDA	0,497		m3				
PESO DE LA ESPUMA	30,340		kg/m3				
AGUA EN LA ARENA	14,448		kg/m3				
AGUA EN LA ESPUMA	30,340		kg/m3				
CORRECCION DEL AGUA	150,747		kg/m3				
CORRECCION DE LA ARENA	747,844		kg/m3				
<b>CANTIDADES NECESARIAS PARA 1M3 DE HC</b>			<b>CANTIDADES NECESARIAS PARA CILINDROS</b>				
<b>MATERIALES DE DISEÑO</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>DATOS</b>	
CEMENTO	391,069	Kg	CEMENTO	13,422	Kg	VOLUMEN	
ARENA	747,844	Kg	ARENA	25,667	Kg	0,0298	
AGUA	150,747	Lt	AGUA	5,174	Lt	DESPERDICIO	
ESPUMA	30,340	Kg	ESPUMA	1,041	Kg	15%	
ADITIVO	3,911	Lt	ADITIVO	0,134	Lt	V.RQ	
FIBRA	0,000	Kg	FIBRA	0,000	Kg	0,034	
ELABORADO POR: ROGELIO GOMEZ JAIRO MORA			REVISADO POR: ING. RICHARD RAMIREZ				



## Anexo 10. Diseño de mezcla de hormigón celular elaborado con arena - 1440 kg/m<sup>3</sup>

UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA		FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA				
DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CELULAR SEGÚN NORMA ACI 523.3R-14						
<b>TESIS:</b> DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA						
<b>TESISTAS:</b> ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA						
<b>TUTOR:</b> ING. RICHARD RAMIREZ PALMA		<b>MUESTRA:</b> ARENA				
<b>FECHA:</b> 05/07/2021						
<b>DOSIFICACION DEL HORMIGÓN CELULAR</b>						
<b>CARACTERISTICA DE LOS MATERIALES</b>						
<b>ARENA</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CEMENTO</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>	
DENSIDAD	2,63	gr/cm3	TIPO DE CEMENTO	HE		
CONTENIDO DE HUMEDAD	4,36	%	PESO ESPECIFICO	3,15	g/cm3	
ABSORCION	2,39	%				
MODULO DE FINURA	2,35					
<b>AGUA</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>ESPUMA</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>	
DENSIDAD DEL AGUA	1000	kg/m3	RENDIMIENTO	0,8		
			DENSIDAD	72,5	kg/m3	
<b>EN CASO DE USAR ADITIVOS Y FIBRAS</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>			
ADITIVO	1,10	kg/lit	1	% PESO DEL CEMENTO		
FIBRA	1	kg/lit	0	KG/M3		
<b>DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CELULAR SEGÚN NORMA ACI 523.14</b>						
DENSIDAD EN ESTADO FRESCO	1560	kg/m3				
RESISTENCIA A LA COMPRESION F'C	10,52	MPA				
RELACION AGUA/CEMENTO (a/c)	0,5	RANGO (0,45 A 0,60) SEGUN NORMA ACI 523.3R-14				
RELACION ARENA CEMENTO ()	2,57					
<b>RESULTADOS PRELIMINARES PARA 1M3 DE HC</b>						
<b>ITEM</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VOLUMEN</b>			
DENSIDAD SECADA AL HORNO	1438,000	kg/m3				
CANTIDAD DE CEMENTO	383,197	kg/m3	0,1216			
CANTIDAD DE AGUA DE DISEÑO	191,598	lt/m3	0,1916			
CANTIDAD DE ARENA	985,205	kg/m3	0,3746			
CANTIDAD DE ADITIVO	3,832	lt/m3	0,0035			
CANTIDAD DE FIBRA	0,000	kg/m3	0,0000			
VOLUMEN ABSOLUTO DE DISEÑO	0,691	kg/m3	0,6913			
VOLUMEN DE AIRE REQUERIDO	0,309	m3				
VOLUMEN DE LA ESPUMA REQUERIDA	0,386	m3				
PESO DE LA ESPUMA	27,973	kg/m3				
AGUA EN LA ARENA	19,409	kg/m3				
AGUA EN LA ESPUMA	27,973	kg/m3				
CORRECCION DEL AGUA	144,217	kg/m3				
CORRECCION DE LA ARENA	1004,613	kg/m3				
<b>CANTIDADES NECESARIAS PARA 1M3 DE HC</b>			<b>CANTIDADES NECESARIAS PARA CILINDROS</b>			
<b>MATERIALES DE DISEÑO</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>DATOS</b>
CEMENTO	383,197	Kg	CEMENTO	13,152	Kg	VOLUMEN
ARENA	1004,613	Kg	ARENA	34,480	Kg	0,0298
AGUA	144,217	Lt	AGUA	4,950	Lt	DESPERDICIO
ESPUMA	27,973	Kg	ESPUMA	0,960	Kg	15%
ADITIVO	3,832	Lt	ADITIVO	0,132	Lt	V.RQ
FIBRA	0,000	Kg	FIBRA	0,000	Kg	0,034
ELABORADO POR: ROGELIO GOMEZ JAIRO MORA			REVISADO POR: ING. RICHARD RAMIREZ			



**Anexo 11.** Diseño de mezcla de hormigón celular elaborado con cerámica cocida -  
1200 kg/m<sup>3</sup>

ARENA		VALOR	UNIDAD	CEMENTO		VALOR	UNIDAD
DENSIDAD		2,38	gr/cm3	TIPO DE CEMENTO		HE	
CONTENIDO DE HUMEDAD		4,96	%	PESO ESPECIFICO		3,15	g/cm3
ABSORCION		1,27	%				
MODULO DE FINURA		3,05					
AGUA		VALOR	UNIDAD	ESPUMA		VALOR	UNIDAD
DENSIDAD DEL AGUA		1000	kg/m3	RENDIMIENTO		0,8	
				DENSIDAD		45	kg/m3
EN CASO DE USAR ADITIVOS Y FIBRAS		VALOR	UNIDAD	CANTIDAD			
ADITIVO		1,10	kg/lit	1	% PESO DEL CEMENTO		
FIBRA		1	kg/lit	0	KG/M3		
DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CELULAR SEGÚN NORMA ACI 523.14							
DENSIDAD EN ESTADO FRESCO		1200	kg/m3				
RESISTENCIA A LA COMPRESION F'C		4,76	MPA				
RELACION AGUA/CEMENTO (a/c)		0,5		RANGO (0,45 A 0,60) SEGUN NORMA ACI 523.3R-14			
RELACION ARENA CEMENTO ()		1,53					
RESULTADOS PRELIMINARES PARA 1M3 DE HC							
ITEM	VALOR		UNIDAD	VOLUMEN			
DENSIDAD SECADA AL HORNO	1078,000		kg/m3				
CANTIDAD DE CEMENTO	396,362		kg/m3	0,1258			
CANTIDAD DE AGUA DE DISEÑO	198,181		lt/m3	0,1982			
CANTIDAD DE ARENA	605,457		kg/m3	0,2544			
CANTIDAD DE ADITIVO	3,964		lt/m3	0,0036			
CANTIDAD DE FIBRA	0,000		kg/m3	0,0000			
VOLUMEN ABSOLUTO DE DISEÑO	0,582		kg/m3	0,5820			
VOLUMEN DE AIRE REQUERIDO	0,418		m3				
VOLUMEN DE LA ESPUMA REQUERIDA	0,522		m3				
PESO DE LA ESPUMA	23,512		kg/m3				
AGUA EN LA ARENA	22,341		kg/m3				
AGUA EN LA ESPUMA	23,512		kg/m3				
CORRECCION DEL AGUA	152,327		kg/m3				
CORRECCION DE LA ARENA	627,799		kg/m3				
CANTIDADES NECESARIAS PARA 1M3 DE HC				CANTIDADES NECESARIAS PARA CILINDROS			
MATERIALES DE DISEÑO	VALOR	UNIDAD	MATERIALES	VALOR	UNIDAD	DATOS	
CEMENTO	396,362	Kg	CEMENTO	13,604	Kg	VOLUMEN	
CERAMICA COCIDA	627,799	Kg	C. COCIDA	21,547	Kg	0,0298	
AGUA	152,327	Lt	AGUA	5,228	Lt	DESPERDICIO	
ESPUMA	23,512	Kg	ESPUMA	0,807	Kg	15%	
ADITIVO	3,964	Lt	ADITIVO	0,136	Lt	V.RQ	
FIBRA	0,000	Kg	FIBRA	0,000	Kg	0,034	
ELABORADO POR: ROGELIO GOMEZ JAIRO MORA				REVISADO POR: ING. RICHARD RAMIREZ			



**Anexo 12.** Diseño de mezcla de hormigón celular elaborado con cerámica cocida –  
1440 kg/m<sup>3</sup>

		UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA					
DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CELULAR SEGÚN NORMA ACI 523.3R-14							
<b>TESIS:</b> DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA							
<b>TESISTAS:</b> ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA							
<b>TUTOR:</b> ING. RICHARD RAMIREZ PALMA				<b>MUESTRA:</b> CERAMICA COCIDA			
<b>FECHA:</b> 05/07/2021							
<b>DOSIFICACION DEL HORMIGÓN CELULAR</b>							
<b>CARACTERISTICA DE LOS MATERIALES</b>							
<b>ARENA</b>		<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CEMENTO</b>		<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
DENSIDAD		2,38	gr/cm3	TIPO DE CEMENTO			HE
CONTENIDO DE HUMEDAD		4,96	%	PESO ESPECIFICO	3,15		g/cm3
ABSORCION		1,27	%				
MODULO DE FINURA		3,05					
<b>AGUA</b>		<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>ESPUMA</b>		<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
DENSIDAD DEL AGUA		1000	kg/m3	RENDIMIENTO	0,8		
				DENSIDAD	51		kg/m3
<b>EN CASO DE USAR ADITIVOS Y FIBRAS</b>		<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>			
ADITIVO		1,10	kg/lt	1	% PESO DEL CEMENTO		
FIBRA		1	kg/lt	0	KG/M3		
<b>DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CELULAR SEGÚN NORMA ACI 523.14</b>							
DENSIDAD EN ESTADO FRESCO		1440	kg/m3				
RESISTENCIA A LA COMPRESION F'C		8,08	MPA				
RELACION AGUA/CEMENTO (a/c)		0,5	RANGO (0,45 A 0,60) SEGUN NORMA ACI 523.3R-14				
RELACION ARENA CEMENTO ( )		2,22					
<b>RESULTADOS PRELIMINARES PARA 1M3 DE HC</b>							
<b>ITEM</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VOLUMEN</b>				
DENSIDAD SECADA AL HORNO	1318,000	kg/m3					
CANTIDAD DE CEMENTO	386,765	kg/m3	0,1228				
CANTIDAD DE AGUA DE DISEÑO	193,383	lt/m3	0,1934				
CANTIDAD DE ARENA	859,852	kg/m3	0,3613				
CANTIDAD DE ADITIVO	3,868	lt/m3	0,0035				
CANTIDAD DE FIBRA	0,000	kg/m3	0,0000				
VOLUMEN ABSOLUTO DE DISEÑO	0,681	kg/m3	0,6810				
VOLUMEN DE AIRE REQUERIDO	0,319	m3					
VOLUMEN DE LA ESPUMA REQUERIDA	0,399	m3					
PESO DE LA ESPUMA	20,339	kg/m3					
AGUA EN LA ARENA	31,729	kg/m3					
AGUA EN LA ESPUMA	20,339	kg/m3					
CORRECCION DEL AGUA	141,316	kg/m3					
CORRECCION DE LA ARENA	891,581	kg/m3					
<b>CANTIDADES NECESARIAS PARA 1M3 DE HC</b>				<b>CANTIDADES NECESARIAS PARA CILINDROS</b>			
<b>MATERIALES DE DISEÑO</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>DATOS</b>	
CEMENTO	386,765	Kg	CEMENTO	13,274	Kg	VOLUMEN	
CERAMICA COCIDA	891,581	Kg	C. COCIDA	30,600	Kg	0,0298	
AGUA	141,316	Lt	AGUA	4,850	Lt	DESPERDICIO	
ESPUMA	20,339	Kg	ESPUMA	0,698	Kg	15%	
ADITIVO	3,868	Lt	ADITIVO	0,133	Lt	V.RQ	
FIBRA	0,000	Kg	FIBRA	0,000	Kg	0,034	
ELABORADO POR: ROGELIO GOMEZ JAIRO MORA				REVISADO POR: ING. RICHARD RAMIREZ			

**Anexo 13.** Determinación del porcentaje de fluidez del hormigón celular elaborado con arena -  $1200 \text{ kg/m}^3$

	<b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA</b>															
DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CELULAR SEGÚN NORMA ACI 523.3R-14																
<b>TESIS:</b> DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA <b>TESISTAS:</b> ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA <b>TUTOR:</b> ING. RICHARD RAMIREZ PALMA <span style="float: right;"><b>MUESTRA:</b> ARENA</span>																
<b>CARACTERISTICAS DEL HORMIGÓN CELULAR EN ESTADO FRESCO</b>																
<b>ENSAYO - MESA DE FLUJO</b>																
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr style="background-color: #4F81BD; color: white;"> <td style="padding: 5px;">Densidad Aparente</td> <td style="padding: 5px; text-align: center;">1200</td> <td style="padding: 5px;">kg/m<sup>3</sup></td> </tr> </table> <table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr style="background-color: #D9E1F2;"> <th style="padding: 5px;">D(I)</th> <th style="padding: 5px;">Diametro promedio obtenido(mm)</th> <th style="padding: 5px;">Diametro Inicial (mm)</th> <th style="padding: 5px;">% Fluidez</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;">183,62</td> <td rowspan="4" style="padding: 5px;">183,32</td> <td rowspan="4" style="padding: 5px;">101,6</td> <td rowspan="4" style="padding: 5px;">80,43</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">182,88</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">183,65</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">183,13</td> </tr> </tbody> </table>			Densidad Aparente	1200	kg/m <sup>3</sup>	D(I)	Diametro promedio obtenido(mm)	Diametro Inicial (mm)	% Fluidez	183,62	183,32	101,6	80,43	182,88	183,65	183,13
Densidad Aparente	1200	kg/m <sup>3</sup>														
D(I)	Diametro promedio obtenido(mm)	Diametro Inicial (mm)	% Fluidez													
183,62	183,32	101,6	80,43													
182,88																
183,65																
183,13																
ELABORADO POR: ROGELIO GOMEZ JAIRO MORA	REVISADO POR: ING. RICHARD RAMIREZ															

**Anexo 14.** Determinación del porcentaje de fluidez del hormigón celular elaborado con arena – 1440 kg/m<sup>3</sup>



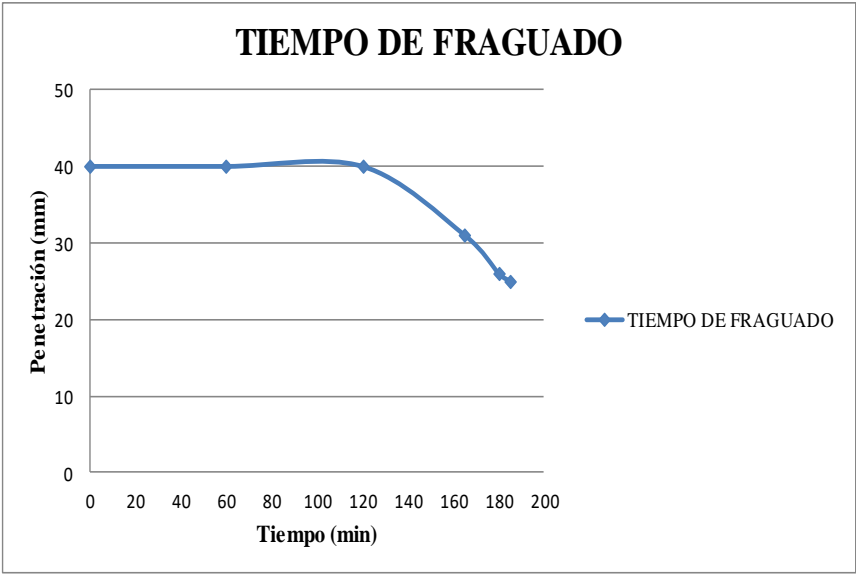
	<b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA</b>															
DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CELULAR SEGÚN NORMA ACI 523.3R-14																
<b>TESIS:</b> DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA <b>TESISTAS:</b> ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA <b>TUTOR:</b> ING. RICHARD RAMIREZ PALMA <span style="float: right;"><b>MUESTRA:</b> ARENA</span>																
<b>CARACTERISTICAS DEL HORMIGÓN CELULAR EN ESTADO FRESCO</b>																
<b>ENSAYO - MESA DE FLUJO</b>																
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse;"> <tr style="background-color: #4F81BD; color: white;"> <td style="padding: 5px;">Densidad Aparente</td> <td style="padding: 5px; text-align: center;">1440</td> <td style="padding: 5px;">kg/m<sup>3</sup></td> </tr> </table> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr style="background-color: #D9E1F2;"> <th style="padding: 5px;">D(I)</th> <th style="padding: 5px;">Diametro promedio obtenido(mm)</th> <th style="padding: 5px;">Diametro Inicial (mm)</th> <th style="padding: 5px;">% Fluidez</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;">172,77</td> <td rowspan="4" style="padding: 5px;">172,60</td> <td rowspan="4" style="padding: 5px;">101,6</td> <td rowspan="4" style="padding: 5px;">69,88</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">172,56</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">172,71</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">172,37</td> </tr> </tbody> </table>			Densidad Aparente	1440	kg/m <sup>3</sup>	D(I)	Diametro promedio obtenido(mm)	Diametro Inicial (mm)	% Fluidez	172,77	172,60	101,6	69,88	172,56	172,71	172,37
Densidad Aparente	1440	kg/m <sup>3</sup>														
D(I)	Diametro promedio obtenido(mm)	Diametro Inicial (mm)	% Fluidez													
172,77	172,60	101,6	69,88													
172,56																
172,71																
172,37																
ELABORADO POR: ROGELIO GOMEZ JAIRO MORA	REVISADO POR: ING. RICHARD RAMIREZ															







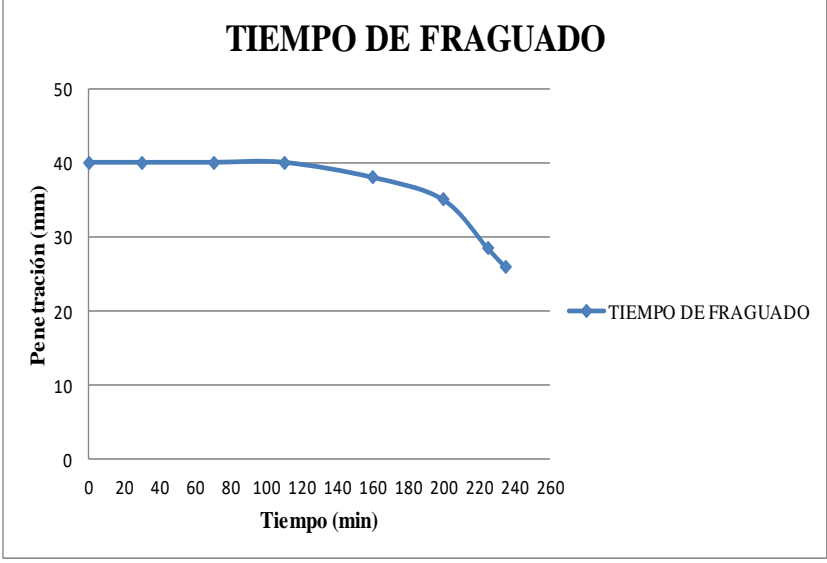


**Anexo 17.** Tiempo de fraguado del hormigón celular elaborado con arena – 1200 kg/m<sup>3</sup>



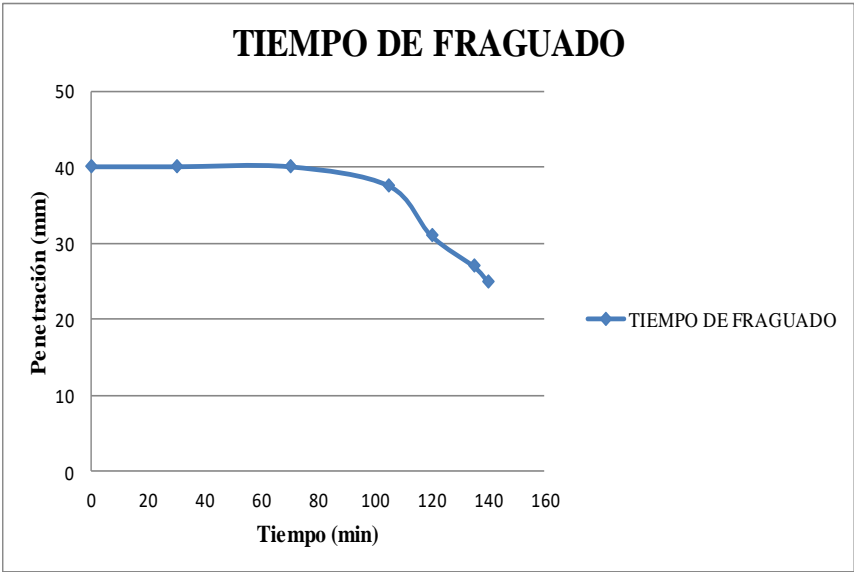
	<b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA</b>																								
DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CELULAR SEGÚN NORMA ACI 523.3R-14																									
<b>TESIS:</b> DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA <b>TESISTAS:</b> ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA <b>TUTOR:</b> ING. RICHARD RAMIREZ PALMA																									
<b>CARACTERISTICAS DEL HORMIGÓN CELULAR</b>																									
<b>ENSAYO - TIEMPO DE FRAGUADO DEL HORMIGÓN CELULAR</b>																									
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Muestra Patron</td> <td style="width: 50%;">Arena</td> </tr> <tr> <td>Densidad</td> <td>1200 kg/m<sup>3</sup></td> </tr> </table>	Muestra Patron	Arena	Densidad	1200 kg/m <sup>3</sup>																				
Muestra Patron	Arena																								
Densidad	1200 kg/m <sup>3</sup>																								
	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr style="background-color: #92D050;"> <th style="width: 25%;">Hora de inicio del ensayo</th> <th style="width: 25%;">Lecturas</th> <th style="width: 25%;">Tiempo (min)</th> <th style="width: 25%;">Penetración (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="6">10:15</td> <td>10:05</td> <td>0</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>11:05</td> <td>60</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>12:05</td> <td>120</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>12:50</td> <td>165</td> <td>31</td> </tr> <tr> <td>13:05</td> <td>180</td> <td>26</td> </tr> <tr> <td>13:10</td> <td>185</td> <td>25</td> </tr> </tbody> </table>	Hora de inicio del ensayo	Lecturas	Tiempo (min)	Penetración (mm)	10:15	10:05	0	40	11:05	60	40	12:05	120	40	12:50	165	31	13:05	180	26	13:10	185	25	
Hora de inicio del ensayo	Lecturas	Tiempo (min)	Penetración (mm)																						
10:15	10:05	0	40																						
	11:05	60	40																						
	12:05	120	40																						
	12:50	165	31																						
	13:05	180	26																						
	13:10	185	25																						
 <p style="text-align: center;"><b>TIEMPO DE FRAGUADO</b></p>																									
ELABORADO POR: ROGELIO GOMEZ JAIRO MORA		REVISADO POR: ING. RICHARD RAMIREZ																							

**Anexo 18.** Tiempo de fraguado del hormigón celular elaborado con arena – 1440



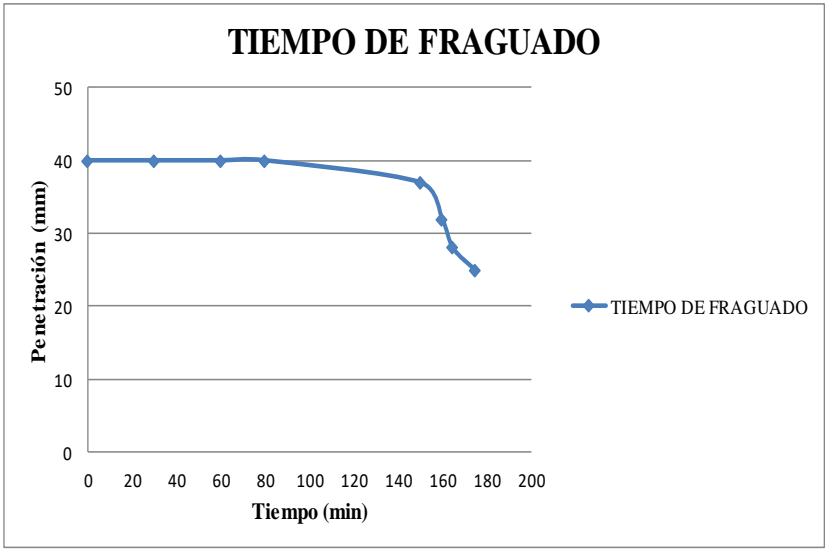
kg/m<sup>3</sup>

	<b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA</b>																																	
DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CELULAR SEGÚN NORMA ACI 523.3R-14																																		
<b>TESIS:</b> DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA <b>TESISTAS:</b> ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA <b>TUTOR:</b> ING. RICHARD RAMIREZ PALMA																																		
<b>CARACTERISTICAS DEL HORMIGÓN CELULAR</b>																																		
<b>ENSAYO - TIEMPO DE FRAGUADO DEL HORMIGÓN CELULAR</b>																																		
Muestra Patron	Arena																																	
Densidad	1440	kg/m <sup>3</sup>																																
<table border="1"> <thead> <tr style="background-color: #92D050;"> <th>Hora de inicio del ensayo</th> <th>Lecturas</th> <th>Tiempo (min)</th> <th>Penetracion (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="8" style="text-align: center;">9:15</td> <td style="text-align: center;">9:15</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">40</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">9:45</td> <td style="text-align: center;">30</td> <td style="text-align: center;">40</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">10:25</td> <td style="text-align: center;">70</td> <td style="text-align: center;">40</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">11:05</td> <td style="text-align: center;">110</td> <td style="text-align: center;">40</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">11:55</td> <td style="text-align: center;">160</td> <td style="text-align: center;">38</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">12:35</td> <td style="text-align: center;">200</td> <td style="text-align: center;">35</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">13:00</td> <td style="text-align: center;">225</td> <td style="text-align: center;">28,5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">13:10</td> <td style="text-align: center;">235</td> <td style="text-align: center;">26</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">13:15</td> <td style="text-align: center;">240</td> <td style="text-align: center;">25</td> </tr> </tbody> </table>	Hora de inicio del ensayo	Lecturas	Tiempo (min)	Penetracion (mm)	9:15	9:15	0	40	9:45	30	40	10:25	70	40	11:05	110	40	11:55	160	38	12:35	200	35	13:00	225	28,5	13:10	235	26	13:15	240	25		
Hora de inicio del ensayo	Lecturas	Tiempo (min)	Penetracion (mm)																															
9:15	9:15	0	40																															
	9:45	30	40																															
	10:25	70	40																															
	11:05	110	40																															
	11:55	160	38																															
	12:35	200	35																															
	13:00	225	28,5																															
	13:10	235	26																															
13:15	240	25																																
																																		
ELABORADO POR: ROGELIO GOMEZ JAIRO MORA	REVISADO POR: ING. RICHARD RAMIREZ																																	



**Anexo 19.** Tiempo de fraguado del hormigón celular elaborado con cerámica cocida  
 – 1200 kg/m<sup>3</sup>

	<b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA</b>		
DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CELULAR SEGÚN NORMA ACI 523.3R-14			
<b>TESIS:</b> DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA <b>TESISTAS:</b> ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA <b>TUTOR:</b> ING. RICHARD RAMIREZ PALMA			
<b>CARACTERISTICAS DEL HORMIGÓN CELULAR</b>			
<b>ENSAYO - TIEMPO DE FRAGUADO DEL HORMIGÓN CELULAR</b>			
Muestra	Cerámica cocida		
Densidad	1200	kg/m <sup>3</sup>	
Hora de inicio del ensayo	Lecturas	Tiempo (min)	Penetración (mm)
10:30	10:30	0	40
	11:00	30	40
	11:40	70	40
	12:15	105	37,5
	12:30	120	31
	12:45	135	27
	12:50	140	25
 <p style="text-align: center;"><b>TIEMPO DE FRAGUADO</b></p>			
ELABORADO POR: ROGELIO GOMEZ JAIRO MORA		REVISADO POR: ING. RICHARD RAMIREZ	



**Anexo 20.** Tiempo de fraguado del hormigón celular elaborado con cerámica cocida  
 – 1440 kg/m<sup>3</sup>

 UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA 																														
DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CELULAR SEGÚN NORMA ACI 523.3R-14																														
<b>TESIS:</b> DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA <b>TESISTAS:</b> ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA <b>TUTOR:</b> ING. RICHARD RAMIREZ PALMA																														
<b>CARACTERISTICAS DEL HORMIGÓN CELULAR</b>																														
<b>ENSAYO - TIEMPO DE FRAGUADO DEL HORMIGÓN CELULAR</b>																														
<table border="1"> <tr> <td>Muestra</td> <td>Cerámica cocida</td> </tr> <tr> <td>Densidad</td> <td>1440 kg/m<sup>3</sup></td> </tr> </table>	Muestra	Cerámica cocida	Densidad	1440 kg/m <sup>3</sup>																										
Muestra	Cerámica cocida																													
Densidad	1440 kg/m <sup>3</sup>																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Hora de inicio del ensayo</th> <th>Lecturas</th> <th>Tiempo (min)</th> <th>Penetración (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="8">13:10</td> <td>13:10</td> <td>0</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>13:40</td> <td>30</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>14:10</td> <td>60</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>14:30</td> <td>80</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>15:40</td> <td>150</td> <td>37</td> </tr> <tr> <td>15:50</td> <td>160</td> <td>32</td> </tr> <tr> <td>15:55</td> <td>165</td> <td>28</td> </tr> <tr> <td>16:05</td> <td>175</td> <td>25</td> </tr> </tbody> </table>	Hora de inicio del ensayo	Lecturas	Tiempo (min)	Penetración (mm)	13:10	13:10	0	40	13:40	30	40	14:10	60	40	14:30	80	40	15:40	150	37	15:50	160	32	15:55	165	28	16:05	175	25	
Hora de inicio del ensayo	Lecturas	Tiempo (min)	Penetración (mm)																											
13:10	13:10	0	40																											
	13:40	30	40																											
	14:10	60	40																											
	14:30	80	40																											
	15:40	150	37																											
	15:50	160	32																											
	15:55	165	28																											
	16:05	175	25																											
 <p><b>TIEMPO DE FRAGUADO</b></p>																														
ELABORADO POR: ROGELIO GOMEZ JAIRO MORA	REVISADO POR: ING. RICHARD RAMIREZ																													



**Anexo 21.** Peso unitario y contenido de aire del hormigón celular en estado endurecido (Arena 1200 kg/m<sup>3</sup>)

	<b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA</b>																						
DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CELULAR SEGÚN NORMA ACI 523.3R-14																							
<b>TESIS:</b> DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA <b>TESISTAS:</b> ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA <b>TUTOR:</b> ING. RICHARD RAMIREZ PALMA <span style="float: right;"><b>MUESTRA:</b> ARENA</span>																							
<b>CARACTERISTICAS DEL HORMIGÓN CELULAR EN ESTADO FRESCO</b>																							
<b>ENSAYO - PESO UNITARIO Y CONTENIDO DE AIRE</b>																							
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="background-color: #4F81BD; color: white;">Densidad Aparente</td> <td style="text-align: center;">1200</td> <td style="text-align: right;">kg/m<sup>3</sup></td> </tr> </table>			Densidad Aparente	1200	kg/m <sup>3</sup>																		
Densidad Aparente	1200	kg/m <sup>3</sup>																					
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr style="background-color: #A9A9A9;"> <th colspan="3">Peso Unitario</th> </tr> <tr style="background-color: #92D050;"> <th>Item</th> <th>Valor</th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>V. del recipiente</td> <td style="text-align: center;">0,002707</td> <td style="text-align: center;">m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>M. del recipiente</td> <td style="text-align: center;">1,753</td> <td style="text-align: center;">kg</td> </tr> <tr> <td>M. del recipiente+muestra</td> <td style="text-align: center;">5,269</td> <td style="text-align: center;">kg</td> </tr> <tr> <td>P. de la muestra</td> <td style="text-align: center;">3,516</td> <td style="text-align: center;">kg</td> </tr> <tr> <td>P.U.</td> <td style="text-align: center;">1298,85</td> <td style="text-align: center;">kg/m<sup>3</sup></td> </tr> </tbody> </table>			Peso Unitario			Item	Valor	Unidad	V. del recipiente	0,002707	m <sup>3</sup>	M. del recipiente	1,753	kg	M. del recipiente+muestra	5,269	kg	P. de la muestra	3,516	kg	P.U.	1298,85	kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario																							
Item	Valor	Unidad																					
V. del recipiente	0,002707	m <sup>3</sup>																					
M. del recipiente	1,753	kg																					
M. del recipiente+muestra	5,269	kg																					
P. de la muestra	3,516	kg																					
P.U.	1298,85	kg/m <sup>3</sup>																					
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr style="background-color: #A9A9A9;"> <th colspan="3">Densidad Teorica</th> </tr> <tr style="background-color: #92D050;"> <th>Item</th> <th>Valor</th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M. total de ingredientes</td> <td style="text-align: center;">3,516</td> <td style="text-align: center;">kg</td> </tr> <tr> <td>V. absoluto de los ingredientes</td> <td style="text-align: center;">0,00152</td> <td style="text-align: center;">m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>D. Teorica</td> <td style="text-align: center;">2313,16</td> <td style="text-align: center;">kg/m<sup>3</sup></td> </tr> </tbody> </table>			Densidad Teorica			Item	Valor	Unidad	M. total de ingredientes	3,516	kg	V. absoluto de los ingredientes	0,00152	m <sup>3</sup>	D. Teorica	2313,16	kg/m <sup>3</sup>						
Densidad Teorica																							
Item	Valor	Unidad																					
M. total de ingredientes	3,516	kg																					
V. absoluto de los ingredientes	0,00152	m <sup>3</sup>																					
D. Teorica	2313,16	kg/m <sup>3</sup>																					
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr style="background-color: #A9A9A9;"> <th colspan="3">Contenido de aire del Hc</th> </tr> <tr style="background-color: #92D050;"> <th>Peso Unitario</th> <th>D. Teorica</th> <th>Contenido de aire</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1298,85</td> <td style="text-align: center;">2313,16</td> <td style="text-align: center;">43,85</td> </tr> </tbody> </table>			Contenido de aire del Hc			Peso Unitario	D. Teorica	Contenido de aire	1298,85	2313,16	43,85												
Contenido de aire del Hc																							
Peso Unitario	D. Teorica	Contenido de aire																					
1298,85	2313,16	43,85																					
<b>ELABORADO POR:</b> ROGELIO GOMEZ JAIRO MORA		<b>REVISADO POR:</b> ING. RICHARD RAMIREZ																					

**Anexo 22.** Peso unitario y contenido de aire del hormigón celular en estado endurecido (Arena 1440 kg/m<sup>3</sup>)



	<b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA</b>	
DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CELULAR SEGÚN NORMA ACI 523.3R-14		
<b>TESIS:</b> DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA <b>TESISTAS:</b> ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA <b>TUTOR:</b> ING. RICHARD RAMIREZ PALMA <span style="float: right;"><b>MUESTRA:</b> ARENA</span>		
<b>CARACTERISTICAS DEL HORMIGÓN CELULAR EN ESTADO FRESCO</b>		
<b>ENSAYO - PESO UNITARIO Y CONTENIDO DE AIRE</b>		
Densidad Aparente	1440	kg/m <sup>3</sup>
<b>Peso Unitario</b>		
Item	Valor	Unidad
V. del recipiente	0,002707	m <sup>3</sup>
M. del recipiente	1,753	kg
M. del recipiente+muestra	5,902	kg
P. de la muestra	4,149	kg
P.U.	1532,69	kg/m <sup>3</sup>
<b>Densidad Teorica</b>		
Item	Valor	Unidad
M. total de ingredientes	4,149	kg
V. absoluto de los ingredientes	0,00176	m <sup>3</sup>
D. Teorica	2357,39	kg/m <sup>3</sup>
<b>Contenido de aire del Hc</b>		
Peso Unitario	D. Teorica	Contenido de aire
1532,69	2357,39	34,98
ELABORADO POR: ROGELIO GOMEZ JAIRO MORA	REVISADO POR: ING. RICHARD RAMIREZ	

**Anexo 23.** Peso unitario y contenido de aire del hormigón celular en estado endurecido (Cerámica cocida 1200 kg/m<sup>3</sup>)



 <b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA</b> 																					
DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CELULAR SEGÚN NORMA ACI 523.3R-14																					
<b>TESIS:</b> DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA <b>TESISTAS:</b> ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA <b>TUTOR:</b> ING. RICHARD RAMIREZ PALMA <span style="float: right;"><b>MUESTRA:</b> CERAMICA COCIDA</span>																					
<b>CARACTERISTICAS DEL HORMIGÓN CELULAR EN ESTADO FRESCO</b>																					
<b>ENSAYO - PESO UNITARIO Y CONTENIDO DE AIRE</b>																					
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr style="background-color: #4F81BD; color: white;"> <td style="padding: 5px;">Densidad Aparente</td> <td style="padding: 5px; text-align: center;">1200</td> <td style="padding: 5px;">kg/m3</td> </tr> </table>	Densidad Aparente	1200	kg/m3																		
Densidad Aparente	1200	kg/m3																			
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #A9A9A9;"> <th colspan="3">Peso Unitario</th> </tr> <tr style="background-color: #92D050; color: white;"> <th>Item</th> <th>Valor</th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>V. del recipiente</td> <td style="text-align: center;">0,002707</td> <td style="text-align: center;">m3</td> </tr> <tr> <td>M. del recipiente</td> <td style="text-align: center;">1,753</td> <td style="text-align: center;">kg</td> </tr> <tr> <td>M. del recipiente+muestra</td> <td style="text-align: center;">5,132</td> <td style="text-align: center;">kg</td> </tr> <tr> <td>P. de la muestra</td> <td style="text-align: center;">3,379</td> <td style="text-align: center;">kg</td> </tr> <tr> <td>P.U.</td> <td style="text-align: center;">1248,25</td> <td style="text-align: center;">kg/m3</td> </tr> </tbody> </table>	Peso Unitario			Item	Valor	Unidad	V. del recipiente	0,002707	m3	M. del recipiente	1,753	kg	M. del recipiente+muestra	5,132	kg	P. de la muestra	3,379	kg	P.U.	1248,25	kg/m3
Peso Unitario																					
Item	Valor	Unidad																			
V. del recipiente	0,002707	m3																			
M. del recipiente	1,753	kg																			
M. del recipiente+muestra	5,132	kg																			
P. de la muestra	3,379	kg																			
P.U.	1248,25	kg/m3																			
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #A9A9A9;"> <th colspan="3">Densidad Teorica</th> </tr> <tr style="background-color: #92D050; color: white;"> <th>Item</th> <th>Valor</th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M. total de ingredientes</td> <td style="text-align: center;">3,379</td> <td style="text-align: center;">kg</td> </tr> <tr> <td>V. absoluto de los ingredientes</td> <td style="text-align: center;">0,001480</td> <td style="text-align: center;">m3</td> </tr> <tr> <td>D. Teorica</td> <td style="text-align: center;">2283,11</td> <td style="text-align: center;">kg/m3</td> </tr> </tbody> </table>	Densidad Teorica			Item	Valor	Unidad	M. total de ingredientes	3,379	kg	V. absoluto de los ingredientes	0,001480	m3	D. Teorica	2283,11	kg/m3						
Densidad Teorica																					
Item	Valor	Unidad																			
M. total de ingredientes	3,379	kg																			
V. absoluto de los ingredientes	0,001480	m3																			
D. Teorica	2283,11	kg/m3																			
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #A9A9A9;"> <th colspan="3">Contenido de aire del Hc</th> </tr> <tr style="background-color: #92D050; color: white;"> <th>Peso Unitario</th> <th>D. Teorica</th> <th>Contenido de aire</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1248,25</td> <td style="text-align: center;">2283,11</td> <td style="text-align: center;">45,33</td> </tr> </tbody> </table>	Contenido de aire del Hc			Peso Unitario	D. Teorica	Contenido de aire	1248,25	2283,11	45,33												
Contenido de aire del Hc																					
Peso Unitario	D. Teorica	Contenido de aire																			
1248,25	2283,11	45,33																			
<b>ELABORADO POR:</b> ROGELIO GOMEZ JAIRO MORA	<b>REVISADO POR:</b> ING. RICHARD RAMIREZ																				





**Anexo 24.** Peso unitario y contenido de aire del hormigón celular en estado endurecido (Cerámica cocida 1440 kg/m<sup>3</sup>)

 <b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA</b> 																						
DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CELULAR SEGÚN NORMA ACI 523.3R-14																						
<b>TESIS:</b> DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA <b>TESISTAS:</b> ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA <b>TUTOR:</b> ING. RICHARD RAMIREZ PALMA <span style="float: right;"><b>MUESTRA:</b> CERAMICA COCIDA</span>																						
<b>CARACTERISTICAS DEL HORMIGÓN CELULAR EN ESTADO FRESCO</b>																						
<b>ENSAYO - PESO UNITARIO Y CONTENIDO DE AIRE</b>																						
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr style="background-color: #4F81BD; color: white;"> <td style="padding: 5px;">Densidad Aparente</td> <td style="padding: 5px; text-align: center;">1440</td> <td style="padding: 5px;">kg/m<sup>3</sup></td> </tr> </table>	Densidad Aparente	1440	kg/m <sup>3</sup>																			
Densidad Aparente	1440	kg/m <sup>3</sup>																				
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr style="background-color: #A9A9A9;"> <th colspan="3">Peso Unitario</th> </tr> <tr style="background-color: #92D050;"> <th>Item</th> <th>Valor</th> <th>Unidad</th> </tr> <tr> <td>V. del recipiente</td> <td style="text-align: center;">0,002707</td> <td style="text-align: center;">m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>M. del recipiente</td> <td style="text-align: center;">1,753</td> <td style="text-align: center;">kg</td> </tr> <tr> <td>M. del recipiente+muestra</td> <td style="text-align: center;">5,740</td> <td style="text-align: center;">kg</td> </tr> <tr> <td>P. de la muestra</td> <td style="text-align: center;">3,987</td> <td style="text-align: center;">kg</td> </tr> <tr> <td>P.U.</td> <td style="text-align: center;">1472,85</td> <td style="text-align: center;">kg/m<sup>3</sup></td> </tr> </table>		Peso Unitario			Item	Valor	Unidad	V. del recipiente	0,002707	m <sup>3</sup>	M. del recipiente	1,753	kg	M. del recipiente+muestra	5,740	kg	P. de la muestra	3,987	kg	P.U.	1472,85	kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario																						
Item	Valor	Unidad																				
V. del recipiente	0,002707	m <sup>3</sup>																				
M. del recipiente	1,753	kg																				
M. del recipiente+muestra	5,740	kg																				
P. de la muestra	3,987	kg																				
P.U.	1472,85	kg/m <sup>3</sup>																				
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr style="background-color: #A9A9A9;"> <th colspan="3">Densidad Teorica</th> </tr> <tr style="background-color: #92D050;"> <th>Item</th> <th>Valor</th> <th>Unidad</th> </tr> <tr> <td>M. total de ingredientes</td> <td style="text-align: center;">3,987</td> <td style="text-align: center;">kg</td> </tr> <tr> <td>V. absoluto de los ingredientes</td> <td style="text-align: center;">0,00174</td> <td style="text-align: center;">m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>D. Teorica</td> <td style="text-align: center;">2291,38</td> <td style="text-align: center;">kg/m<sup>3</sup></td> </tr> </table>		Densidad Teorica			Item	Valor	Unidad	M. total de ingredientes	3,987	kg	V. absoluto de los ingredientes	0,00174	m <sup>3</sup>	D. Teorica	2291,38	kg/m <sup>3</sup>						
Densidad Teorica																						
Item	Valor	Unidad																				
M. total de ingredientes	3,987	kg																				
V. absoluto de los ingredientes	0,00174	m <sup>3</sup>																				
D. Teorica	2291,38	kg/m <sup>3</sup>																				
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr style="background-color: #A9A9A9;"> <th colspan="3">Contenido de aire del Hc</th> </tr> <tr style="background-color: #92D050;"> <th>Peso Unitario</th> <th>D. Teorica</th> <th>Contenido de aire</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1472,85</td> <td style="text-align: center;">2291,37931</td> <td style="text-align: center;">35,72</td> </tr> </table>		Contenido de aire del Hc			Peso Unitario	D. Teorica	Contenido de aire	1472,85	2291,37931	35,72												
Contenido de aire del Hc																						
Peso Unitario	D. Teorica	Contenido de aire																				
1472,85	2291,37931	35,72																				
<b>ELABORADO POR:</b> ROGELIO GOMEZ JAIRO MORA	<b>REVISADO POR:</b> ING. RICHARD RAMIREZ																					



**Anexo 25.** Peso específico y absorción del hormigón celular elaborado con arena  
1200 kg/m<sup>3</sup>

	<b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA</b>																																		
DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CELULAR SEGÚN NORMA ACI 523.3R-14																																			
<b>TESIS:</b> DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA <b>TESISTAS:</b> ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA <b>TUTOR:</b> ING. RICHARD RAMIREZ PALMA <span style="float: right;"><b>Muestra:</b> ARENA</span>																																			
<b>CARACTERISTICAS DEL HORMIGÓN CELULAR EN ESTADO ENDURECIDO</b>																																			
<b>ENSAYO - PESO ESPECIFICO Y ABSORCION</b>																																			
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: #4F81BD; color: white; padding: 5px;">Densidad Aparente</td> <td style="padding: 5px; text-align: center;">1200</td> <td style="padding: 5px;">kg/m<sup>3</sup></td> </tr> </table> <table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr style="background-color: #BDD7EE;"> <th>Datos</th> <th>Valor</th> <th>Absorcion</th> <th>Peso Especifico</th> <th>Peso Especifico Promedio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ws</td> <td>1291,48</td> <td rowspan="3">12,28</td> <td rowspan="3">1240,29</td> <td rowspan="9">1226,76</td> </tr> <tr> <td>wi</td> <td>364,05</td> </tr> <tr> <td>wd</td> <td>1150,28</td> </tr> <tr> <td>ws</td> <td>1278,75</td> <td rowspan="3">10,02</td> <td rowspan="3">1221,65</td> </tr> <tr> <td>wi</td> <td>327,31</td> </tr> <tr> <td>wd</td> <td>1162,33</td> </tr> <tr> <td>ws</td> <td>1283,02</td> <td rowspan="3">12,10</td> <td rowspan="3">1218,34</td> </tr> <tr> <td>wi</td> <td>343,62</td> </tr> <tr> <td>wd</td> <td>1144,51</td> </tr> </tbody> </table>			Densidad Aparente	1200	kg/m <sup>3</sup>	Datos	Valor	Absorcion	Peso Especifico	Peso Especifico Promedio	ws	1291,48	12,28	1240,29	1226,76	wi	364,05	wd	1150,28	ws	1278,75	10,02	1221,65	wi	327,31	wd	1162,33	ws	1283,02	12,10	1218,34	wi	343,62	wd	1144,51
Densidad Aparente	1200	kg/m <sup>3</sup>																																	
Datos	Valor	Absorcion	Peso Especifico	Peso Especifico Promedio																															
ws	1291,48	12,28	1240,29	1226,76																															
wi	364,05																																		
wd	1150,28																																		
ws	1278,75	10,02	1221,65																																
wi	327,31																																		
wd	1162,33																																		
ws	1283,02	12,10	1218,34																																
wi	343,62																																		
wd	1144,51																																		
ELABORADO POR: ROGELIO GOMEZ JAIRO MORA		REVISADO POR: ING. RICHARD RAMIREZ																																	



**Anexo 26.** Peso específico y absorción del hormigón celular elaborado con arena –  
1440 kg/m<sup>3</sup>

	<b>UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA</b>																																		
DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CELULAR SEGÚN NORMA ACI 523.3R-14																																			
<b>TESIS:</b> DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA <b>TESISTAS:</b> ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA <b>TUTOR:</b> ING. RICHARD RAMIREZ PALMA <span style="float: right;"><b>Muestra:</b> ARENA</span>																																			
<b>CARACTERISTICAS DEL HORMIGÓN CELULAR EN ESTADO ENDURECIDO</b>																																			
<b>ENSAYO - PESO ESPECIFICO Y ABSORCION</b>																																			
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: #4F81BD; color: white; padding: 5px;">Densidad Aparente</td> <td style="padding: 5px; text-align: center;">1440</td> <td style="padding: 5px;">kg/m<sup>3</sup></td> </tr> </table> <table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse; width: 80%;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #D9E1F2;">Datos</th> <th style="background-color: #D9E1F2;">Valor</th> <th style="background-color: #D9E1F2;">Absorcion</th> <th style="background-color: #D9E1F2;">Peso Especifico</th> <th style="background-color: #D9E1F2;">Peso Especifico Promedio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ws</td> <td style="text-align: center;">1501,63</td> <td rowspan="3" style="text-align: center;">10,19</td> <td rowspan="3" style="text-align: center;">1419,79</td> <td rowspan="9" style="text-align: center; vertical-align: middle;">1419,07</td> </tr> <tr> <td>wi</td> <td style="text-align: center;">541,76</td> </tr> <tr> <td>wd</td> <td style="text-align: center;">1362,81</td> </tr> <tr> <td>ws</td> <td style="text-align: center;">1537,05</td> <td rowspan="3" style="text-align: center;">11,29</td> <td rowspan="3" style="text-align: center;">1425,57</td> </tr> <tr> <td>wi</td> <td style="text-align: center;">568,24</td> </tr> <tr> <td>wd</td> <td style="text-align: center;">1381,11</td> </tr> <tr> <td>ws</td> <td style="text-align: center;">1523,15</td> <td rowspan="3" style="text-align: center;">11,57</td> <td rowspan="3" style="text-align: center;">1411,86</td> </tr> <tr> <td>wi</td> <td style="text-align: center;">556,16</td> </tr> <tr> <td>wd</td> <td style="text-align: center;">1365,25</td> </tr> </tbody> </table>			Densidad Aparente	1440	kg/m <sup>3</sup>	Datos	Valor	Absorcion	Peso Especifico	Peso Especifico Promedio	ws	1501,63	10,19	1419,79	1419,07	wi	541,76	wd	1362,81	ws	1537,05	11,29	1425,57	wi	568,24	wd	1381,11	ws	1523,15	11,57	1411,86	wi	556,16	wd	1365,25
Densidad Aparente	1440	kg/m <sup>3</sup>																																	
Datos	Valor	Absorcion	Peso Especifico	Peso Especifico Promedio																															
ws	1501,63	10,19	1419,79	1419,07																															
wi	541,76																																		
wd	1362,81																																		
ws	1537,05	11,29	1425,57																																
wi	568,24																																		
wd	1381,11																																		
ws	1523,15	11,57	1411,86																																
wi	556,16																																		
wd	1365,25																																		
ELABORADO POR: ROGELIO GOMEZ JAIRO MORA		REVISADO POR: ING. RICHARD RAMIREZ																																	



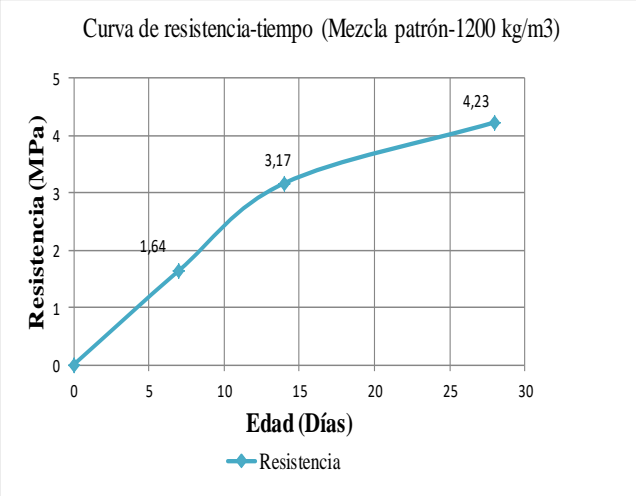
**Anexo 27.** Peso específico y absorción del hormigón celular elaborado con cerámica cocida – 1200 kg/m<sup>3</sup>

	<b>UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA</b>																																		
DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CELULAR SEGÚN NORMA ACI 523.3R-14																																			
<b>TESIS:</b> DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA <b>TESISTAS:</b> ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA <b>TUTOR:</b> ING. RICHARD RAMIREZ PALMA <span style="float: right;"><b>Muestra:</b> CERAMICA COCIDA</span>																																			
<b>CARACTERISTICAS DEL HORMIGÓN CELULAR EN ESTADO ENDURECIDO</b>																																			
<b>ENSAYO - PESO ESPECIFICO Y ABSORCION</b>																																			
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="background-color: #4F81BD; color: white;">Densidad Aparente</td> <td style="text-align: center;">1200</td> <td>kg/m<sup>3</sup></td> </tr> </table> <table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #ADD8E6;"> <th>Datos</th> <th>Valor</th> <th>Absorcion</th> <th>Peso Especifico</th> <th>Peso Especifico Promedio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ws</td> <td>1249,81</td> <td rowspan="3" style="text-align: center;">10,39</td> <td rowspan="3" style="text-align: center;">1214,08</td> <td rowspan="9" style="text-align: center; vertical-align: middle;">1215,24</td> </tr> <tr> <td>wi</td> <td>317,31</td> </tr> <tr> <td>wd</td> <td>1132,13</td> </tr> <tr> <td>ws</td> <td>1241,22</td> <td rowspan="3" style="text-align: center;">11,05</td> <td rowspan="3" style="text-align: center;">1201,22</td> </tr> <tr> <td>wi</td> <td>310,73</td> </tr> <tr> <td>wd</td> <td>1117,72</td> </tr> <tr> <td>ws</td> <td>1256,67</td> <td rowspan="3" style="text-align: center;">9,46</td> <td rowspan="3" style="text-align: center;">1230,43</td> </tr> <tr> <td>wi</td> <td>323,63</td> </tr> <tr> <td>wd</td> <td>1148,04</td> </tr> </tbody> </table>			Densidad Aparente	1200	kg/m <sup>3</sup>	Datos	Valor	Absorcion	Peso Especifico	Peso Especifico Promedio	ws	1249,81	10,39	1214,08	1215,24	wi	317,31	wd	1132,13	ws	1241,22	11,05	1201,22	wi	310,73	wd	1117,72	ws	1256,67	9,46	1230,43	wi	323,63	wd	1148,04
Densidad Aparente	1200	kg/m <sup>3</sup>																																	
Datos	Valor	Absorcion	Peso Especifico	Peso Especifico Promedio																															
ws	1249,81	10,39	1214,08	1215,24																															
wi	317,31																																		
wd	1132,13																																		
ws	1241,22	11,05	1201,22																																
wi	310,73																																		
wd	1117,72																																		
ws	1256,67	9,46	1230,43																																
wi	323,63																																		
wd	1148,04																																		
ELABORADO POR: ROGELIO GOMEZ JAIRO MORA		REVISADO POR: ING. RICHARD RAMIREZ																																	

**Anexo 28.** Peso específico y absorción del hormigón celular elaborado con cerámica cocida - 1440 kg/m<sup>3</sup>)

	<b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA</b>																																		
DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CELULAR SEGÚN NORMA ACI 523.3R-14																																			
<b>TESIS:</b> DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA <b>TESISTAS:</b> ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA <b>TUTOR:</b> ING. RICHARD RAMIREZ PALMA <span style="float: right;"><b>Muestra:</b> CERAMICA COCIDA</span>																																			
<b>CARACTERISTICAS DEL HORMIGÓN CELULAR EN ESTADO ENDURECIDO</b>																																			
<b>ENSAYO - PESO ESPECIFICO Y ABSORCION</b>																																			
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: #4F81BD; color: white; padding: 5px;">Densidad Aparente</td> <td style="padding: 5px; text-align: center;">1440</td> <td style="padding: 5px;">kg/m<sup>3</sup></td> </tr> </table> <table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr style="background-color: #D9E1F2;"> <th>Datos</th> <th>Valor</th> <th>Absorcion</th> <th>Peso Especifico</th> <th>Peso Especifico Promedio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ws</td> <td>1483,91</td> <td rowspan="3">9,26</td> <td rowspan="3">1438,70</td> <td rowspan="9">1448,49</td> </tr> <tr> <td>wi</td> <td>539,92</td> </tr> <tr> <td>wd</td> <td>1358,12</td> </tr> <tr> <td>ws</td> <td>1488,36</td> <td rowspan="3">8,92</td> <td rowspan="3">1453,36</td> </tr> <tr> <td>wi</td> <td>548,17</td> </tr> <tr> <td>wd</td> <td>1366,43</td> </tr> <tr> <td>ws</td> <td>1493,25</td> <td rowspan="3">9,08</td> <td rowspan="3">1453,41</td> </tr> <tr> <td>wi</td> <td>551,39</td> </tr> <tr> <td>wd</td> <td>1368,91</td> </tr> </tbody> </table>			Densidad Aparente	1440	kg/m <sup>3</sup>	Datos	Valor	Absorcion	Peso Especifico	Peso Especifico Promedio	ws	1483,91	9,26	1438,70	1448,49	wi	539,92	wd	1358,12	ws	1488,36	8,92	1453,36	wi	548,17	wd	1366,43	ws	1493,25	9,08	1453,41	wi	551,39	wd	1368,91
Densidad Aparente	1440	kg/m <sup>3</sup>																																	
Datos	Valor	Absorcion	Peso Especifico	Peso Especifico Promedio																															
ws	1483,91	9,26	1438,70	1448,49																															
wi	539,92																																		
wd	1358,12																																		
ws	1488,36	8,92	1453,36																																
wi	548,17																																		
wd	1366,43																																		
ws	1493,25	9,08	1453,41																																
wi	551,39																																		
wd	1368,91																																		
ELABORADO POR: ROGELIO GOMEZ JAIRO MORA		REVISADO POR: ING. RICHARD RAMIREZ																																	

**Anexo 29.** Resultados de resistencia a la compresión del hormigón celular (Arena – 1200 kg/m<sup>3</sup>)

 <b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA</b>																							
DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CELULAR SEGÚN NORMA ACI 523.3R-14																							
<b>TESIS:</b> DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA <b>TESISTAS:</b> ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA <b>TUTOR:</b> ING. RICHARD RAMIREZ PALMA <span style="float: right;"><b>MUESTRA:</b> ARENA</span>																							
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN																							
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Tipo de cemento</td> <td>HE</td> </tr> <tr> <td>Densidad Aparente</td> <td>1200</td> </tr> </table>		Tipo de cemento	HE	Densidad Aparente	1200																		
Tipo de cemento	HE																						
Densidad Aparente	1200																						
N°	Fecha de vaciado	Dimensiones del cilindro					Peso	Densidad	Rotura														
		D1	D2	Promedio	Longitud	Area			Fecha	Edad (Días)	Carga	Resistencia											
									MPA	Promedio													
1	11/08/2021	10,241	10,280	10,261	20,659	665,930	2,178	1275,031	18/08/2021	7	12,5	1,59	1,64										
2		10,248	10,230	10,239	20,233	650,832	2,105	1263,531	18/08/2021		13	1,66											
3		10,481	10,290	10,386	20,592	671,857	2,163	1239,973	18/08/2021		13,2	1,68											
1		14	10,303	10,224	10,264	20,600	664,2225	2,176	1276,762	25/08/2021	26,7	3,40	3,17										
2			10,213	10,172	10,193	20,582	659,0512	2,129	1267,756	25/08/2021	24,1	3,07											
3			10,286	10,148	10,217	20,528	658,9021	2,151	1278,074	25/08/2021	23,8	3,03											
1		28	10,317	10,291	10,304	20,482	663,0238	2,168	1269,359	08/09/2021	32,3	4,12	4,23										
2			10,254	10,209	10,232	20,560	660,8658	2,155	1274,837	08/09/2021	31,5	4,01											
3			10,138	10,143	10,141	20,537	654,2553	2,143	1292,039	08/09/2021	35,8	4,56											
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th>Edad (Días)</th> <th>Resistencia (MPa)</th> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>1,64</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>3,17</td> </tr> <tr> <td>28</td> <td>4,23</td> </tr> </table>		Edad (Días)	Resistencia (MPa)	0	0	7	1,64	14	3,17	28	4,23	<div style="text-align: center;"> <p>Curva de resistencia-tiempo (Mezcla patrón-1200 kg/m<sup>3</sup>)</p>  </div>											
Edad (Días)	Resistencia (MPa)																						
0	0																						
7	1,64																						
14	3,17																						
28	4,23																						
ELABORADO POR: ROGELIO GOMEZ JAIRO MORA							REVISADO POR: ING. RICHARD RAMIREZ																

**Anexo 30.** Resultados de resistencia a la compresión del hormigón celular (Arena – 1440 kg/m<sup>3</sup>)



UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA		FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA											
DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CELULAR SEGÚN NORMA ACI 523.3R-14													
<b>TESIS:</b> DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA <b>TESISTAS:</b> ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA <b>TUTOR:</b> ING. RICHARD RAMIREZ PALMA <span style="float: right;"><b>MUESTRA:</b> ARENA</span>													
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN													
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Tipo de cemento</td> <td>HE</td> </tr> <tr> <td>Densidad Aparente</td> <td>1440</td> </tr> </table>		Tipo de cemento	HE	Densidad Aparente	1440								
Tipo de cemento	HE												
Densidad Aparente	1440												
Nº	Fecha de vaciado	Dimensiones del cilindro					Peso	Densidad	Rotura				
		D1	D2	Promedio	Longitud	Area			Fecha	Edad	Carga	Resistencia	
												MPA	Promedio
1	13/08/2021	10,254	10,242	10,248	20,342	654,9131	2,493	1485,797	20/08/2021	7	25	3,19	2,98
2		10,207	10,287	10,247	20,439	657,9718	2,502	1484,374	20/08/2021		21,8	2,78	
3		10,416	10,308	10,362	20,400	664,0865	2,541	1477,054	20/08/2021		23,4	2,98	
1		10,220	10,222	10,221	20,423	655,7885	2,530	1509,814	27/08/2021	14	39,5	5,03	5,14
2		10,067	10,138	10,103	20,443	648,820	2,529	1543,319	27/08/2021		41,3	5,26	
3		10,197	10,235	10,216	20,370	653,7667	2,538	1520,015	27/08/2021		40,2	5,12	
1		10,263	10,247	10,255	20,494	660,2574	2,532	1495,804	10/09/2021	28	43,6	5,55	5,88
2		10,237	10,232	10,235	20,529	660,0629	2,535	1501,018	10/09/2021		46,3	5,9	
3		10,133	10,246	10,190	20,606	659,6255	2,527	1503,886	10/09/2021		48,7	6,2	
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th>Edad (Días)</th> <th>Resistencia (MPa)</th> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>2,98</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>5,14</td> </tr> <tr> <td>28</td> <td>5,88</td> </tr> </table>		Edad (Días)	Resistencia (MPa)	0	0	7	2,98	14	5,14	28	5,88	<div style="text-align: center;"> <p>Curva de resistencia-tiempo (Mezcla patrón-1440 kg/m<sup>3</sup>)</p> </div>	
Edad (Días)	Resistencia (MPa)												
0	0												
7	2,98												
14	5,14												
28	5,88												
ELABORADO POR: ROGELIO GOMEZ JAIRO MORA		REVISADO POR: ING. RICHARD RAMIREZ											

**Anexo 31. Resultados de resistencia a la compresión del hormigón celular (Cerámica cocida – 1200 kg/m<sup>3</sup>)**



UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA		FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA																					
DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CELULAR SEGÚN NORMA ACI 523.3R-14																							
<b>TESIS:</b> DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA <b>TESISTAS:</b> ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA <b>TUTOR:</b> ING. RICHARD RAMIREZ PALMA <span style="float: right;"><b>MUESTRA:</b> CERAMICA COCIDA</span>																							
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN																							
Tipo de cemento		HE																					
Densidad Aparente		1200																					
Nº	Fecha de vaciado	Dimensiones del cilindro					Peso	Densidad	Rotura														
		D1	D2	Promedio	Longitud	Area			Fecha	Edad	Carga	Resistencia											
									MPA	Promedio													
1	23/08/2021	10,125	10,136	10,131	20,202	642,9484	2,023	1242,364	30/08/2021	7	14,7	1,87	1,85										
2		10,101	10,121	10,111	20,315	645,300	2,015	1235,319	30/08/2021		13,9	1,77											
3		10,020	10,010	10,015	20,324	639,4565	2,002	1250,438	30/08/2021		15,1	1,92											
1	23/08/2021	10,213	10,114	10,164	20,284	647,6611	2,038	1238,435	06/09/2021	14	28,7	3,66	3,49										
2		10,343	10,262	10,303	20,407	660,500	2,045	1202,093	06/09/2021		26,9	3,43											
3		10,142	10,201	10,172	20,417	652,4208	2,069	1247,118	06/09/2021		26,5	3,38											
1	23/08/2021	10,260	10,262	10,261	20,445	659,0642	2,122	1255,128	20/09/2021	28	42,3	5,39	5,09										
2		10,308	10,340	10,324	20,395	661,4889	2,096	1227,667	20/09/2021		37,9	4,83											
3		10,243	10,243	10,243	20,479	659,0021	2,053	1216,564	20/09/2021		39,7	5,06											
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Edad (Días)</th> <th>Resistencia (MPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>1,85</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>3,49</td> </tr> <tr> <td>28</td> <td>5,09</td> </tr> </tbody> </table>		Edad (Días)	Resistencia (MPa)	0	0	7	1,85	14	3,49	28	5,09	<div style="text-align: center;"> <p>Curva de resistencia-tiempo (Mezcla elaborada con cerámica cocida-1200kg/m<sup>3</sup>)</p> </div>											
Edad (Días)	Resistencia (MPa)																						
0	0																						
7	1,85																						
14	3,49																						
28	5,09																						
ELABORADO POR: ROGELIO GOMEZ JAIRO MORA								REVISADO POR: ING. RICHARD RAMIREZ															



**Anexo 32. Resultados de resistencia a la compresión del hormigón celular (Cerámica cocida – 1440 kg/m<sup>3</sup>)**

 <b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA</b> 																															
DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CELULAR SEGÚN NORMA ACI 523.3R-14																															
<b>TESIS:</b> DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA <b>TESISTAS:</b> ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA <b>TUTOR:</b> ING. RICHARD RAMIREZ PALMA <span style="float: right;"><b>MUESTRA:</b> CERAMICA COCIDA</span>																															
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN																															
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Tipo de cemento</td> <td>HE</td> </tr> <tr> <td>Densidad Aparente</td> <td>1440</td> </tr> </table>		Tipo de cemento	HE	Densidad Aparente	1440																										
Tipo de cemento	HE																														
Densidad Aparente	1440																														
Nº	Fecha de vaciado	Dimensiones del cilindro					Peso	Densidad	Rotura																						
		D1	D2	Promedio	Longitud	Area			Fecha	Edad	Carga	Resistencia																			
1	16/08/2021	10,211	10,260	10,236	20,317	653,310	2,448	1464,343	23/08/2021	7	24,2	3,08	3,39																		
2		10,373	10,331	10,352	20,337	661,3967	2,471	1443,599	23/08/2021		30	3,82																			
3		10,230	10,250	10,240	20,503	659,5812	2,445	1448,007	23/08/2021		25,7	3,27																			
1		10,180	10,174	10,177	20,310	649,3526	2,404	1455,104	25/08/2021	14	47,8	6,09	5,89																		
2		10,256	10,267	10,262	20,506	661,0628	2,461	1451,169	25/08/2021		44,9	5,72																			
3		10,248	10,269	10,259	20,522	661,3851	2,491	1468,573	25/08/2021		46,1	5,87																			
1		10,259	10,225	10,242	20,333	654,240	2,477	1478,646	08/09/2021	28	53,4	6,80	6,97																		
2		10,193	10,173	10,183	20,517	656,3576	2,488	1488,998	08/09/2021		54,8	6,98																			
3		10,204	10,167	10,186	20,448	654,3108	2,459	1475,884	08/09/2021		56,1	7,14																			
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th>Edad (Días)</th> <th>Resistencia (MPa)</th> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>3,39</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>5,89</td> </tr> <tr> <td>28</td> <td>6,97</td> </tr> </table>		Edad (Días)	Resistencia (MPa)	0	0	7	3,39	14	5,89	28	6,97	<p style="text-align: center;">Curva de resistencia-tiempo (Mezcla elaborada con cerámica cocida-1440kg/m<sup>3</sup>)</p> <table border="1" style="display: none;"> <caption>Data for Resistance vs. Age Graph</caption> <thead> <tr> <th>Edad (Días)</th> <th>Resistencia (MPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>3,39</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>5,89</td> </tr> <tr> <td>28</td> <td>6,97</td> </tr> </tbody> </table>										Edad (Días)	Resistencia (MPa)	0	0	7	3,39	14	5,89	28	6,97
Edad (Días)	Resistencia (MPa)																														
0	0																														
7	3,39																														
14	5,89																														
28	6,97																														
Edad (Días)	Resistencia (MPa)																														
0	0																														
7	3,39																														
14	5,89																														
28	6,97																														
<b>ELABORADO POR:</b> ROGELIO GOMEZ JAIRO MORA		<b>REVISADO POR:</b> ING. RICHARD RAMIREZ																													

**Anexo 33.** Resultados de resistencia a la flexión del hormigón celular (Arena – 1200 kg/m<sup>3</sup>)

 <b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA</b> 								
DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CELULAR SEGÚN NORMA ACI 523.3R-14								
<b>TESIS:</b> DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA <b>TESISTAS:</b> ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA <b>TUTOR:</b> ING. RICHARD RAMIREZ PALMA <span style="float: right;"><b>MUESTRA:</b> ARENA</span>								
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXION.								
Fecha de Elaboracion	Densidad Aparente	N°	Diámetro del Cilindro			Rotura		
			D1	D2	Promedio	Edad	Carga	Resistencia
27/08/21	1200	1	15,1	15,1	15,1	7	3,91	0,53
		2	15,2	15,3	15,25	28	4761	0,633
		3	15	15	15	28	4,264	0,569

Densidad Aparente	Edad		
	0	7	28
1200	0	0,53	0,601

Modulo de rotura (Mezcla elaborada con arena - 1200 kg/m<sup>3</sup>)

**Resistencia a flexion**



**Edad (Días)**

—◆— Resistencia

ELABORADO POR: ROGELIO GOMEZ JAIRO MORA	REVISADO POR: ING. RICHARD RAMIREZ
---	---------------------------------------

**Anexo 34.** Resultados de resistencia a la flexión del hormigón celular (Arena – 1440 kg/m<sup>3</sup>)

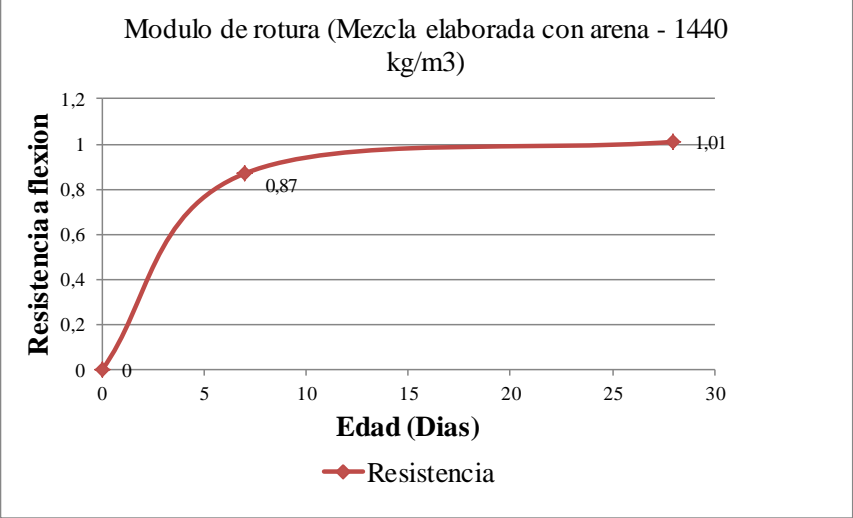
 <b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA</b> 								
DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CELULAR SEGÚN NORMA ACI 523.3R-14								
<b>TESIS:</b> DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA								
<b>TESISTAS:</b> ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA								
<b>TUTOR:</b> ING. RICHARD RAMIREZ PALMA <span style="float: right;"><b>MUESTRA:</b> ARENA</span>								
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXION.								
Fecha de Elaboracion	Densidad Aparente	N°	Diámetro del Cilindro			Rotura		
			D1	D2	Promedio	Edad	Carga	Resistencia
31/08/21	1440	1	15,3	15,1	15,2	7	6,605	0,87
		2	15,3	15,2	15,25	28	7,137	0,94
		3	15,2	15,1	15,15	28	8,190	1,089

Densidad aparente	Edad		
	0	7	28
1440	0	0,87	1,01

Modulo de rotura (Mezcla elaborada con arena - 1440 kg/m<sup>3</sup>)



**Resistencia**

ELABORADO POR: ROGELIO GOMEZ JAIRO MORA	REVISADO POR: ING. RICHARD RAMIREZ
---	---------------------------------------

**Anexo 35.** Resultados de resistencia a la flexión del hormigón celular (Cerámica cocida – 1200 kg/m<sup>3</sup>)

Fecha de Elaboracion		Densidad Aparente	N°	Diametro del Cilindro			Rotura		
				D1	D2	Promedio	Edad	Carga	Resistencia
27/08/21		1200	1	15,1	15	15,05	7	9,024	1,2
			2	15,1	15,4	15,25	28	11,642	1,548
			3	15	15	15	28	10,514	1,398

Densidad aparente	Edad		
	0	7	28
1200	0	1,2	1,47

Modulo de rotura (Mezcla elaborada con cerámica cocida - 1200 kg/m<sup>3</sup>)

Edad (Dias)	Resistencia
0	0
7	1,2
28	1,47

ELABORADO POR: ROGELIO GOMEZ JAIRO MORA	REVISADO POR: ING. RICHARD RAMIREZ
---	---------------------------------------

**Anexo 36.** Resultados de resistencia a la flexión del hormigón celular (Cerámica cocida – 1440 kg/m<sup>3</sup>)

Fecha de Elaboracion		Densidad Aparente	Nº	Diametro del Cilindro			Rotura		
				D1	D2	Promedio	Edad	Carga	Resistencia
31/08/21		1440	1	15,2	15,2	15,2	7	18,425	2,45
			2	15,4	15,3	15,4	28	20,644	2,745
			3	15,2	15	15,1	28	20,073	2,669

Densidad aparente	Edad		
	0	7	28
1440	0	2,45	2,71



Modulo de rotura (Mezcla elaborada con ceramica cocida - 1440 kg/m<sup>3</sup>)

Edad (Dias)	Resistencia
0	0
7	2,45
28	2,71



  

ELABORADO POR: ROGELIO GOMEZ JAIRO MORA	REVISADO POR: ING. RICHARD RAMIREZ
---	---------------------------------------



**Anexo 37.** Análisis de precio unitario del hormigón celular elaborado con arena -  
1200 kg/m<sup>3</sup>

		<b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA</b>				
<b>TESIS:</b> DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA						
<b>TESISTAS:</b> ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA						
<b>TUTOR:</b> ING. RICHARD RAMIREZ PALMA				<b>MUESTRA:</b> ARENA		
<b>ANALISIS DE COSTO PARA 1 M3 DE HORMIGÓN CELULAR</b>						
<b>RUBRO:</b> HORMIGÓN CELULAR DENSIDAD - 1200 kg/m <sup>3</sup>						
<b>EQUIPO</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL		
Herramienta menor (5%)				0,385		
Concreteira	1	4,29	0,33	1,4157		
Maquina generadora de espuma	1	4,29	0,5	2,145		
			SUBTOTAL	3,945		
<b>MANO DE OBRA</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL		
Peon	3	3,83	0,33	3,7917		
Albañil	2	3,87	0,33	2,5542		
Maestro	1	4,09	0,33	1,3497		
			SUBTOTAL	7,6956		
<b>MATERIAL</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL		
cemento	sacos(50kg)	7,93	9	71,37		
Arena	m <sup>3</sup>	0,62	13,5	8,330		
Agua	m <sup>3</sup>	0,15	1	0,152		
Espuma	m <sup>3</sup>	0,034	25	0,843		
Aditivo	lt	3,96	1,9	7,5316		
			SUBTOTAL	88,226		
				COSTO UNITARIO DIRECTO	99,867	
				COSTOS INDIRECTOS 25%	24,967	
				COSTO TOTAL M3	124,833	
ELABORADO POR: ROGELIO GOMEZ JAIRO MORA				REVISADO POR: ING. RICHARD RAMIREZ		

**Anexo 38.** Análisis de precio unitario del hormigón celular elaborado con arena -  
1440 kg/m<sup>3</sup>



		<b>UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA</b>				
<b>TESIS:</b> DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA <b>TESISTAS:</b> ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA <b>TUTOR:</b> ING. RICHARD RAMIREZ PALMA <span style="float: right;"><b>MUESTRA:</b> ARENA</span>						
<b>ANALISIS DE COSTO PARA 1 M3 DE HORMIGÓN CELULAR</b>						
<b>RUBRO:</b> HORMIGÓN CELULAR DENSIDAD - 1440 kg/m <sup>3</sup>						
<b>EQUIPO</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL		
Herramienta menor (5%)				0,385		
Concreteira a gasolina	1	4,29	0,33	1,4157		
Maquina generadora de espuma	1	4,29	0,5	2,145		
			SUBTOTAL	3,945		
<b>MANO DE OBRA</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL		
Peon	3	3,83	0,33	3,792		
Albañil	2	3,87	0,33	2,5542		
Maestro	1	4,09	0,33	1,3497		
			SUBTOTAL	7,6956		
<b>MATERIAL</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL		
cemento	sacos(50kg)	7,73	9	69,6		
Arena	m <sup>3</sup>	0,88	15	13,2		
Agua	m <sup>3</sup>	0,14	1	0,14		
Espuma	m <sup>3</sup>	0,032	25	0,800		
Aditivo	lt	3,87	1,9	7,353		
			SUBTOTAL	91,014		
				COSTO UNITARIO DIRECTO	102,655	
				COSTOS INDIRECTOS 25%	25,664	
				COSTO TOTAL M3	128,318	
ELABORADO POR: ROGELIO GOMEZ JAIRO MORA			REVISADO POR: ING. RICHARD RAMIREZ			

**Anexo 39.** Análisis de precio unitario del hormigón celular elaborado con cerámica cocida - 1200 kg/m<sup>3</sup>

		<b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA</b>				
<b>TESIS:</b> DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA						
<b>TESISTAS:</b> ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA						
<b>TUTOR:</b> ING. RICHARD RAMIREZ PALMA				<b>MUESTRA:</b> CERAMICA COCIDA		
<b>ANALISIS DE COSTO PARA 1 M3 DE HORMIGÓN CELULAR</b>						
<b>RUBRO:</b> HORMIGÓN CELULAR - DENSIDAD 1200 KG/M3						
<b>EQUIPO</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL		
Herramienta menor (5%)				0,385		
Concreteira	1	4,29	0,33	1,4157		
Maquina generadora de espuma	1	4,29	0,5	2,145		
				SUBTOTAL		3,945
<b>MANO DE OBRA</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL		
Peon	3	3,83	0,33	3,7917		
Albañil	2	3,87	0,33	2,5542		
Maestro	1	4,09	0,33	1,3497		
				SUBTOTAL		7,6956
<b>MATERIAL</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL		
cemento	sacos(50kg)	7,93	9	71,343		
arcilla cocida	m3	0,63	25	15,675		
Agua	m3	0,15	1	0,152		
Espuma	m3	0,024	25	0,588		
Aditivo	lt	3,96	1,9	7,532		
				SUBTOTAL		95,289
				COSTO UNITARIO DIRECTO		106,930
				COSTOS INDIRECTOS 25%		26,733
				COSTO TOTAL M3		133,663
ELABORADO POR: ROGELIO GOMEZ JAIRO MORA				REVISADO POR: ING. RICHARD RAMIREZ		



**Anexo 40.** Análisis de precio unitario del hormigón celular elaborado con cerámica cocida - 1440 kg/m<sup>3</sup>

		<b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA</b>				
<b>TESIS:</b> DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA						
<b>TESISTAS:</b> ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA						
<b>TUTOR:</b> ING. RICHARD RAMIREZ PALMA				<b>MUESTRA:</b> CERAMICA COCIDA		
<b>ANALISIS DE COSTO PARA 1 M3 DE HORMIGÓN CELULAR</b>						
<b>RUBRO:</b> HORMIGÓN CELULAR - DENSIDAD 1440 KG/M3						
<b>EQUIPO</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL		
Herramienta menor (5%)				0,385		
Concreteira	1	4,29	0,33	1,4157		
Maquina generadora de espuma	1	4,29	0,5	2,145		
			SUBTOTAL	3,945		
<b>MANO DE OBRA</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL		
Peon	3	3,83	0,33	3,7917		
Albañil	2	3,87	0,33	2,5542		
Maestro	1	4,09	0,33	1,3497		
			SUBTOTAL	7,6956		
<b>MATERIAL</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL		
cemento	sacos(50kg)	7,73	9	69,57		
arcilla cocida	m <sup>3</sup>	0,89	25	22,275		
Agua	m <sup>3</sup>	0,14	1	0,141		
Espuma	m <sup>3</sup>	0,020	25	0,508		
Aditivo	lt	3,87	1,9	7,349		
			SUBTOTAL	99,843		
				<b>COSTO UNITARIO DIRECTO</b>	111,484	
				<b>COSTOS INDIRECTOS 25%</b>	27,871	
				<b>COSTO TOTAL M3</b>	139,355	
ELABORADO POR: ROGELIO GOMEZ JAIRO MORA				REVISADO POR: ING. RICHARD RAMIREZ		

## Reporte fotográfico



UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA



**TESIS:** DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA

**TESISTAS:** ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA

**TUTOR:** ING. RICHARD RAMIREZ PALMA

### REPORTE FOTOGRAFICO

#### ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO NTE INEN-696



ELABORADO POR:  
ROGELIO GOMEZ  
JAIRO MORA

REVISADO POR:  
ING. RICHARD RAMIREZ



**TESIS:** DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA

**TESISTAS:** ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA

**TUTOR:** ING. RICHARD RAMIREZ PALMA

**REPORTE FOTOGRAFICO**

**ENSAYO DE MASA UNITARIO (PESO VOLUMETRICO) NTE INEN-858**



ELABORADO POR:  
ROGELIO GOMEZ  
JAIRO MORA

REVISADO POR:  
ING. RICHARD RAMIREZ



**TESIS:** DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA

**TESISTAS:** ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA

**TUTOR:** ING. RICHARD RAMIREZ PALMA

**REPORTE FOTOGRAFICO**

**ENSAYO DE CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD NTE INEN-862**



ELABORADO POR:  
ROGELIO GOMEZ  
JAIRO MORA

REVISADO POR:  
ING. RICHARD RAMIREZ



**TESIS:** DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA

**TESISTAS:** ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA

**TUTOR:** ING. RICHARD RAMIREZ PALMA

**REPORTE FOTOGRAFICO**

**ENSAYO DE DENSIDAD SATURADA Y ABSORCION NTE INEN-856**



ELABORADO POR:  
ROGELIO GOMEZ  
JAIRO MORA

REVISADO POR:  
ING. RICHARD RAMIREZ



**TESIS:** DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA

**TESISTAS:** ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA

**TUTOR:** ING. RICHARD RAMIREZ PALMA

**REPORTE FOTOGRAFICO**

**DETERMINACION DE LA DENSIDAD DE LA ESPUMA**



ELABORADO POR:  
ROGELIO GOMEZ  
JAIRO MORA

REVISADO POR:  
ING. RICHARD RAMIREZ



**TESIS:** DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA

**TESISTAS:** ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA

**TUTOR:** ING. RICHARD RAMIREZ PALMA

**REPORTE FOTOGRAFICO**

**ENSAYO DE CONTENIDO DE AIRE DEL HORMIGÓN CELULAR ASTM D-6023**



ELABORADO POR:  
ROGELIO GOMEZ  
JAIRO MORA

REVISADO POR:  
ING. RICHARD RAMIREZ



**TESIS:** DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA

**TESISTAS:** ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA

**TUTOR:** ING. RICHARD RAMIREZ PALMA

**REPORTE FOTOGRAFICO**

**ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO DEL HORMIGÓN CELULAR NTE INEN-158**



ELABORADO POR:  
ROGELIO GOMEZ  
JAIRO MORA

REVISADO POR:  
ING. RICHARD RAMIREZ





**TESIS:** DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA

**TESISTAS:** ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA

**TUTOR:** ING. RICHARD RAMIREZ PALMA

**REPORTE FOTOGRAFICO**

**ENSAYO DE MESA DE FLUJO NTC-111**



ELABORADO POR:  
ROGELIO GOMEZ  
JAIRO MORA

REVISADO POR:  
ING. RICHARD RAMIREZ



UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA



**TESIS:** DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA

**TESISTAS:** ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA

**TUTOR:** ING. RICHARD RAMIREZ PALMA

**REPORTE FOTOGRAFICO**

**MEZCLA DE HORMIGÓN CELULAR SEGÚN NORMA ACI 523.3R-14**



ELABORADO POR:  
ROGELIO GOMEZ  
JAIRO MORA

REVISADO POR:  
ING. RICHARD RAMIREZ



**TESIS:** DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA

**TESISTAS:** ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA

**TUTOR:** ING. RICHARD RAMIREZ PALMA

**REPORTE FOTOGRAFICO**

**ENSAYO DE COMPRESION**



ELABORADO POR:  
ROGELIO GOMEZ  
JAIRO MORA

REVISADO POR:  
ING. RICHARD RAMIREZ



**TESIS:** DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR EN BASE A ESPUMANTE RV-2020 Y CERAMICA COCIDA

**TESISTAS:** ROGELIO GOMEZ DEL PEZO Y JAIRO MORA FIGUEROA

**TUTOR:** ING. RICHARD RAMIREZ PALMA

**REPORTE FOTOGRAFICO**

**VENTAJAS DEL HORMIGÓN CELULAR**



ELABORADO POR:  
ROGELIO GOMEZ  
JAIRO MORA

REVISADO POR:  
ING. RICHARD RAMIREZ