



UNIVERSIDAD DE ESPECIALIDADES ESPÍRITU SANTO

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL

TÍTULO: IMPLEMENTACIÓN DEL MORTERO CELULAR EN EL ECUADOR

**TRABAJO DE TITULACIÓN QUE SE PRESENTA COMO REQUISITO PREVIO A
OPTAR EL GRADO DE INGENIERO CIVIL**

NOMBRE DEL ESTUDIANTE:

GALO HUMBERTO ROBALINO VILLAGOMEZ

NOMBRE DEL TUTOR:

ING. CARMEN TERREROS, PHD, MSC.

SAMBORONDON, SEPTIEMBRE, 2016

CERTIFICACION FINAL DE APROBACION DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del estudiante **Galo Humberto Robalino Villagómez** que cursa en la Escuela de Ingeniería Civil, dictado en la Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil de la UEES.

CERTIFICO:

Que he revisado el trabajo de tesis con el título: **IMPLEMENTACIÓN DEL MORTERO CELULAR EN EL ECUADOR**, presentado por el **estudiante Galo Humberto Robalino Villagómez** con cedula de ciudadanía N °. 0917951915, como requisito previo para optar el Grado Académico de Ingeniería Civil, y considero que dicho trabajo investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes necesarios de carácter académico y científico, para presentarse a la Defensa Final.

Tutora: Ing. Carmen Terreros, Phd, Msc.

Samborondón, Septiembre 2016.

Agradecimiento

Principalmente mi agradecimiento a Dios que me dio la sabiduría y constancia a lo largo de mi carrera profesional.

Mis más sinceros agradecimientos a todos los profesores de la Universidad Espíritu Santo, pero en especial los de la facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura los cuales me han contribuido con su sabiduría y experiencias a lo largo de mi carrera universitaria. Cada clase que he tomado me ha ayudado a aprender mas sobre mi carreara profesional.

Mi agradecimiento de manera especial al Director de la facultad de Ingeniería Civil Urbano Caicedo que me ayudo a direccionar mi carrera profesional y el desarrollo. A la Ingeniera Carmen Terreros que me ha ayudado en el desarrollo de mi tesis y las correcciones de la misma.

Al Ing. Franklin Barros que me ayudo con todas las pruebas de la tesis en el Laboratorio de Ingeniería Civil.

A mi familia y a mi novia Nicole León que siempre me dieron el apoyo a lo largo de mi carrera profesional, en especial a mi papa que me apoyo en todo y a Carlos Dañin que me ayudo con la maquinaria para desarrollar la tesis.

Y finalmente y al más especial que me brindo todo su apoyo incondicional a lo largo de la tesis, a Carlos Burbano.

Galo Robalino

Dedicatoria

Esta tesis va dedicada a Dios y la Virgen María que me dieron fortaleza, salud e inteligencia para cumplir mi meta.

A mi papá Galo, a mi mamá Verónica, Hermano Andrés y familia que me dieron su apoyo para hacer realidad este sueño.

Finalmente a Carlos Burbano que me ayudo brindándome su experiencia y enseñándome cosas nuevas en ingeniería.

Galo Robalino

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	5
INDICE DE TABLAS	10
INDICE DE ILUSTRACIONES	12
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
CAPITULO 1: PROBLEMA.....	15
1.1. Antecedentes	16
1.2. Descripción detallada del problema.....	16
1.3. Propósito del trabajo de titulación.....	17
1.4. Objetivo General.....	18
1.5. Objetivos específicos	18
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. Historia del Hormigón Liviano	20
2.2. Fundamentación Teórica	22
2.2.1. Hormigón Concepto.....	22
2.2.2. Mortero Concepto.....	22
2.2.3. Hormigón Liviano Concepto.....	22
2.2.3.1. Clasificación.....	23
2.3. Mortero	24
2.3.1. Componentes del mortero	24
2.3.1.1. Cemento	24
2.3.1.2. Agregados.....	26
2.3.1.3. Análisis Granulométrico	26
2.3.1.4. Modulo de finura	28
2.3.1.5. Agua.....	28
2.4. Ensayos	28
2.4.1. Resistencia a la compresión	28
2.4.1.1. Procedimientos	29
2.4.1.2. Materiales y equipos	29
2.4.2. Resistencia a la flexión.....	31
2.4.2.1. Procedimientos	31
2.4.2.2. Materiales y equipos	31
2.4.3. Ensayo de Consistencia (Cono de Abrams)	31
2.4.3.1. Procedimiento	31
2.4.3.2. Materiales y equipos	32
2.4.4. Absorción de humedad.....	33
2.4.4.1. Procedimiento	33
2.4.4.2. Materiales.....	33
2.5. Conducción térmica	34
2.5.1. Procedimiento.....	34
2.5.2. Materiales	34
2.4.5. Normas para recolección de datos	34
2.5. Aditivos.....	35

2.5.1. Funciones.....	35
2.5.2. Dosificaciones	36
2.6. Mortero/Hormigón Celular.....	36
2.6.1. Componentes.....	36
2.6.2. Aditivos.....	36
2.6.2.1. Eucozell 200	37
2.6.2.1.1. Ventajas	37
2.6.2.2. Eucozell 1000.....	38
2.6.2.2.1 Ventajas	38
2.6.3. Generador de espuma.....	38
2.6.4. Ventajas Mortero celular	39
2.6.5. Desventajas del Hormigón Celular.....	40
CAPÍTULO 3: CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.....	41
3.1. Agregados	42
3.1.1. Agregado Fino	42
3.1.1.1. Arena Homogenizada Cantera Canver	42
3.1.1.2. Arena Homogenizada Cantera Huayco	43
3.1.1.3. Arena de Rio Disensa	44
3.1.2. Elección de la arena	45
3.1.2. Cemento	45
3.1.3. Agua	46
3.1.4. Agente espumante.....	46
CAPITULO 4: DOSIFICACIONES Y DISEÑO DE MEZCLAS	47
4.1. Diseño de mezclas y dosificaciones	48
4.1.1. Dosificaciones de aditivo Eucozell 200	49
4.1.1.1. Mortero celular 2%	49
4.1.1.2. Mortero celular 3%	49
4.1.1.3. Mortero celular 4%	49
4.1.1.4. Mortero celular 5%	50
4.1.2. Dosificaciones de aditivo Eucozell 1000	50
4.1.2.1. Mortero celular 3%	50
4.1.2.2. Mortero celular 4%	51
4.1.2.3. Mortero celular 5%	51
CAPITULO 5: PRUEBAS DEL MORTERO CELULAR CON Y SIN ADITIVO	52
5.1. Determinación del peso y la densidad de los morteros celulares.....	53
5.1.1. Densidad mortero celular Eucozell 200	53
5.1.1.1. Densidad Mortero celular Eucozell 200 (2%).....	53
5.1.1.2. Densidad Mortero celular Eucozell 200 (3%).....	54
5.1.1.3. Densidad Mortero celular Eucozell 200 (4%).....	54
5.1.1.4. Densidad Mortero celular Eucozell 200 (5%).....	55
5.1.1.5. Análisis resultados Mortero celular con Eucozell 200 comparado con muestra patrón (1:3).....	55
5.1.2. Densidad mortero celular Eucozell 1000	56
5.1.2.1. Densidad Mortero celular Eucozell 1000 (3%)	56
5.1.2.2. Densidad Mortero celular Eucozell 1000 (4%)	56
5.1.2.3. Densidad Mortero celular Eucozell 1000 (5%)	57

5.1.2.4 Análisis resultados Mortero celular con Euocell 1000 comparado con muestra patrón (1:3).....	57
5.2. Ensayo de consistencia (Cono de Abrams)	58
5.2.1. Consistencia Aditivo Euocell 200	58
5.2.2. Consistencia Aditivo Euocell 1000	59
5.3. Resistencia a la compresión.....	60
5.3.1. Resistencia a la compresión de mortero celular con Euocell 200	60
5.3.1.1 Resistencia a la compresión con Euocell 200 (2%)	60
5.3.1.2. Resistencia a la compresión con Euocell 200 (3%)	61
5.3.1.3. Resistencia a la compresión con Euocell 200 (4%)	61
5.3.1.4. Resistencia a la compresión con Euocell 200 (5%)	61
5.3.1.5. Resistencia a la compresión con Euocell 200 Resultados	62
5.3.2. Resistencia a la compresión mortero celular con Euocell 1000	62
5.3.2.1. Resistencia a la compresión con Euocell 1000 (3%)	62
5.3.2.2. Resistencia a la compresión con Euocell 1000 (4%)	62
5.3.2.3. Resistencia a la compresión con Euocell 1000 (5%)	63
5.3.2.4. Resistencia a la compresión con Euocell 1000 Resultados.....	63
5.4. Resistencia a la Flexión.....	64
5.4.1. Resistencia a la Flexión mortero celular Euocell 200	64
5.4.1.1. Resistencia a la Flexión Euocell 200 (2%).....	64
5.4.1.2. Resistencia a la Flexión Euocell 200 (3%).....	64
5.4.1.3. Resistencia a la Flexión Euocell 200 (4%).....	65
5.4.1.4. Resistencia a la Flexión Euocell 200 (5%).....	65
5.4.1.5. Resistencia a la Flexión Euocell 200 Resultados.....	65
5.4.2. Resistencia a la Flexión mortero celular Euocell 1000	66
5.4.2.1. Resistencia a la Flexión Euocell 1000 (3%).....	66
5.4.2.2. Resistencia a la Flexión Euocell 1000 (4%).....	66
5.4.2.3. Resistencia a la Flexión Euocell 1000 (5%).....	66
5.4.2.4. Resistencia a la compresión Euocell 1000 Resultados.....	66
5.5. Conducción de calor	67
5.5.1. Conducción de calor mortero celular Euocell 200	67
5.5.1.1. Conducción de calor Euocell 200 (3%)	67
5.5.1.2. Conducción de calor Euocell 200 (4%)	67
5.5.1.3. Conducción de calor Euocell 200 (5%)	68
5.5.2. Conducción de calor mortero celular Euocell 1000.....	68
5.5.2.1. Conducción de calor Euocell 1000 (3%).....	68
5.5.2.2. Conducción de calor Euocell 1000 (5%).....	69
5.6. Absorción	69
5.6.1. Absorción mortero celular Euocell 200.....	69
5.6.2. Absorción mortero celular Euocell 1000	70
5.7. Comparación Resistencia a la compresión vs resistencias a la flexión	70
5.7.1. Comparación Resistencia a la compresión vs resistencias a la flexión con aditivo Euocell 200	70
5.7.1. Comparación Resistencia a la compresión vs resistencias a la flexión con aditivo Euocell 1000.....	71
CAPITULO 6: ANALISIS DE RESULTADOS.....	72

6.1. Análisis de las dosificaciones	73
6.1.1. Análisis muestras de mortero celular con Euocell 200	73
6.1.2. Análisis muestras de mortero celular con Euocell 1000.....	74
6.2. Resultados.....	74
CAPITULO 7: APLICACIÓN DEL MORTERO CELULAR.....	76
7.1. Relleno fluido.....	77
7.1.1. Rellenos no estructurales.....	79
7.1.2. Rellenos estructurales	80
7.1.3. Camas de conducción.....	81
7.1.4. Control de erosión e inyección.....	82
7.2. Bloques de mortero celular.....	83
CAPITULO 8: COSTO DEL MORTERO CELULAR VS APLICACIÓN CONVENCIONAL	84
8.1 El costo del mortero celular.....	85
8.2. Costo relleno Zanja con cascajo clasificado vs Relleno Fluido (5% Euocell 200).....	85
8.3. Costo Inyección con mortero celular (Euocell 200 2%).....	87
8.4. Costo bloques con mortero celular	88
8.4.1. Costo bloque mortero celular con Euocell 200 (2%)	88
8.4.2. Costo bloque mortero celular con Euocell 200 (4%)	89
8.5. Comparación costos mortero tradicional vs mortero celular con Euocell 200 (5% y 2%)	90
7.5.1. Costo mortero tradicional.....	90
8.5.2. Mortero celular con Euocell 200 (5%).....	91
8.5.3. Mortero celular con Euocell 200 (2%).....	92
CAPITULO 9: COMPARACIÓN MORTERO CELULAR VS HORMIGÓN LIVIANO CON PIEDRA PÓMEZ.....	93
9.1. Comparación del mortero celular vs hormigón piedra pómez.....	94
9.1.1. Comparación de resistencias a la compresión del mortero celular con Euocell 200 (2%) vs hormigón con piedra pómez 1,1:1,8:4	94
9.1.2. Comparación de Resistencias a la flexión del mortero celular con Euocell 200 (2%) vs hormigón con piedra pómez 1,1:1,8:4	94
9.1.3. Comparación de la densidad y consistencia del mortero celular con Euocell 200 (2%) vs hormigón con piedra pómez 1,1:1,8:4	95
CAPITULO 10: ANALISIS HORMIGON CELULAR.....	96
Hormigón celular.....	97
10.1. Material	97
10.2. Aditivos	97
10.3. Diseño de hormigón	98
10.4. Densidad del hormigón celular.....	99
10.4.1. Densidad Hormigón celular Euocell 200	99
10.4.2. Densidad Hormigón celular Euocell 1000.....	99
10.5. Ensayo de consistencia Hormigón celular (Cono de Abrams).....	100
10.5.1. Ensayo de consistencia Hormigón celular (Euocell 200).....	100
10.5.2. Ensayo de consistencia Hormigón celular (Euocell 1000)	100
10.6. Ensayos resistencia a compresión Hormigón celular	100
10.6.1. Ensayos a compresión Hormigón celular con Euocell 200.....	100
10.6.2. Ensayos a compresión Hormigón celular con Euocell 1000	101

10.7. Ensayo resistencia a la flexión Hormigón celular	101
10.7.1. Ensayos de flexión Hormigón celular Euco cell 200.....	101
10.7.2. Ensayos a flexión Hormigón celular Euco cell 1000.....	101
10.8. Ensayo conducción de calor Hormigón celular	102
10.8.1. Ensayo conducción de calor Hormigón celular Euco cell 200	102
10.9. Ensayo absorción Hormigón celular	102
10.9.1. Ensayo absorción Hormigón celular Euco cell 200	102
10.9.2. Ensayo absorción Hormigón celular Euco cell 1000.....	103
CAPITULO 11: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	104
11.1. Conclusiones	105
11.2. Recomendaciones	107
CAPITULO 12: BIBLIOGRAFIA	108
Bibliografía	109
CAPITULO 13: ANEXOS.....	110
Anexo 1: Aditivo Euco cell 200.....	111
Anexo 2: Aditivo Euco cell 1000.....	113

INDICE DE TABLAS

TABLA 1: ENSAYO GRANULOMÉTRICO ARENA CANTERA CANVER	42
TABLA 2: ENSAYO GRANULOMÉTRICO ARENA CANTERA HUAYCO	43
TABLA 3: ENSAYO GRANULOMÉTRICO ARENA DE RIO DISENSA	44
TABLA 4: DISEÑO MORTERO CELULAR, 2% EUKOCELL 200	49
TABLA 5: DISEÑO MORTERO CELULAR, 3% EUKOCELL 200	49
TABLA 5: DISEÑO MORTERO CELULAR, 4% EUKOCELL 200	49
TABLA 6: DISEÑO MORTERO CELULAR, 5% EUKOCELL 200	50
TABLA 7: DISEÑO MORTERO CELULAR, 3% EUKOCELL 1000	50
TABLA 8: DISEÑO MORTERO CELULAR, 4% EUKOCELL 1000	51
TABLA 9: DISEÑO MORTERO CELULAR, 5% EUKOCELL 1000	51
TABLA 10: DENSIDAD MORTERO CELULAR EUKOCELL 200 (2%)	53
TABLA 11: DENSIDAD MORTERO CELULAR EUKOCELL 200 (3%)	54
TABLA 12: DENSIDAD MORTERO CELULAR EUKOCELL 200 (4%)	54
TABLA 13: DENSIDAD MORTERO CELULAR EUKOCELL 200 (5%)	55
TABLA 14: ANÁLISIS RESULTADOS MORTERO CELULAR EUKOCELL 200 COMPARADO CON MORTERO	55
TABLA 15: DENSIDAD MORTERO CELULAR EUKOCELL 1000 (3%)	56
TABLA 16: DENSIDAD MORTERO CELULAR EUKOCELL 1000 (4%)	56
TABLA 17: DENSIDAD MORTERO CELULAR EUKOCELL 1000 (5%)	57
TABLA 18: ANÁLISIS RESULTADOS MORTERO CELULAR EUKOCELL 1000 COMPARADO CON MORTERO	57
TABLA 19: ENSAYO CONSISTENCIA EUKOCELL 200	58
TABLA 20: ENSAYO CONSISTENCIA EUKOCELL 200	59
TABLA 21: ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EUKOCELL 200 (2%)	60
TABLA 22: ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EUKOCELL 200 (3%)	61
TABLA 23: ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EUKOCELL 200 (4%)	61
TABLA 24: ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EUKOCELL 200 (5%)	61
TABLA 25: ANALISIS DE RESULTADOS DEL ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTERO CON EUKOCELL 200	62
TABLA 26: ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EUKOCELL 1000 (3%)	62
TABLA 27: ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EUKOCELL 1000 (4%)	62
TABLA 28: ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EUKOCELL 1000 (5%)	63
TABLA 29: ANALISIS DE RESULTADOS DEL ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTERO CON EUKOCELL 1000	63
TABLA 30: ENSAYO RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EUKOCELL 200 (2%)	64
TABLA 31: ENSAYO RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EUKOCELL 200 (3%)	64
TABLA 32: ENSAYO RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EUKOCELL 200 (4%)	65
TABLA 33: ENSAYO RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EUKOCELL 200 (5%)	65
TABLA 34: ANALISIS DE RESULTADOS DEL ENSAYO RESISTENCIA A LA FLEXION EUKOCELL 200	65
TABLA 35: ENSAYO RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EUKOCELL 1000 (3%)	66
TABLA 36: ENSAYO RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EUKOCELL 1000 (4%)	66
TABLA 37: ENSAYO RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EUKOCELL 1000 (5%)	66
TABLA 38: ANALISIS DE RESULTADOS DEL ENSAYO RESISTENCIA A LA FLEXION EUKOCELL 1000	66
TABLA 39: ENSAYO CONDUCCIÓN DE CALOR MORTERO CELULAR EUKOCELL 200 (3%)	67
TABLA 40: ENSAYO CONDUCCIÓN DE CALOR MORTERO CELULAR EUKOCELL 200 (4%)	67
TABLA 41: ENSAYO CONDUCCIÓN DE CALOR MORTERO CELULAR EUKOCELL 200 (5%)	68
TABLA 42: ENSAYO CONDUCCIÓN DE CALOR MORTERO CELULAR EUKOCELL 1000 (3%)	68
TABLA 43: ENSAYO CONDUCCIÓN DE CALOR MORTERO CELULAR EUKOCELL 1000 (5%)	69
TABLA 44: ENSAYO ABSORCIÓN MORTERO CELULAR EUKOCELL 200	69
TABLA 45: ENSAYO ABSORCIÓN MORTERO CELULAR EUKOCELL 1000	70
TABLA 46: COMPARACIÓN RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN VS RESISTENCIAS A LA FLEXIÓN CON ADITIVO EUKOCELL 200	70
TABLA 47: COMPARACIÓN RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN VS RESISTENCIAS A LA FLEXIÓN CON ADITIVO EUKOCELL 1000	71
TABLA 48: COSTO RELLENO ZANJA CON CASCAJO GRANULAR	85

TABLA 49: COSTO RELLENO ZANJA CON MORTERO CELULAR EUKOCELL 200 (5%)	86
TABLA 50: COSTO INYECCIÓN MORTERO CELULAR EUKOCELL 200 (2%)	87
TABLA 51: COSTO BLOQUE MORTERO CELULAR EUKOCELL 200 (2%)	88
TABLA 52: COSTO BLOQUE MORTERO CELULAR EUKOCELL 200 (4%)	89
TABLA 53: COSTO MORTERO CONVENCIONAL	90
TABLA 54: COSTO MORTERO CELULAR EUKOCELL 200 (5%)	91
TABLA 55: COSTO MORTERO CELULAR EUKOCELL 200 (2%)	92
TABLA 56: COMPARACIÓN RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL MORTERO CELULAR VS HORMIGÓN CON PIEDRA PÓMEZ	94
TABLA 57: COMPARACIÓN RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL MORTERO CELULAR VS HORMIGÓN CON PIEDRA PÓMEZ	94
TABLA 58: COMPARACIÓN DE LA DENSIDAD Y CONSISTENCIA DEL MORTERO CELULAR VS HORMIGÓN CON PIEDRA PÓMEZ	95
TABLA 59: DISEÑO HORMIGÓN F'C: 290 KG/CM ²	98
TABLA 60: DENSIDAD HORMIGÓN CELULAR EUKOCELL 200	99
TABLA 61: DENSIDAD HORMIGÓN CELULAR EUKOCELL 1000	99
TABLA 62: ENSAYO DE CONSISTENCIA HORMIGÓN CELULAR EUKOCELL 200	100
TABLA 63: ENSAYO DE CONSISTENCIA HORMIGÓN CELULAR EUKOCELL 1000	100
TABLA 64: ENSAYO RESISTENCIA HORMIGÓN CELULAR EUKOCELL 200	100
TABLA 65: ENSAYO RESISTENCIA HORMIGÓN CELULAR EUKOCELL 1000	101
TABLA 66: ENSAYO FLEXIÓN HORMIGÓN CELULAR EUKOCELL 200	101
TABLA 67: ENSAYO FLEXIÓN HORMIGÓN CELULAR EUKOCELL 1000	101
TABLA 68: ENSAYO CONDUCCIÓN DE CALOR HORMIGÓN CELULAR EUKOCELL 200	102
TABLA 69: ENSAYO ABSORCIÓN HORMIGÓN CELULAR EUKOCELL 200	102
TABLA 70: ENSAYO ABSORCIÓN HORMIGÓN CELULAR EUKOCELL 1000	103

INDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1: SACOS DE CEMENTO QUE HOLCIM OFRECE	25
ILUSTRACIÓN 2: TAMIZADOR.....	27
ILUSTRACIÓN 3: PESA Y TAMIZ	27
ILUSTRACIÓN 4: MOLDE CUBOS MORTERO	30
ILUSTRACIÓN 5: ENSAYO A COMPRESIÓN	30
ILUSTRACIÓN 6: ENSAYO DE ASENTAMIENTO CONO DE ABRAMS.....	32
ILUSTRACIÓN 7: PRUEBA DE ABRAMS MUESTRA	32
ILUSTRACIÓN 8: HORNO	33
ILUSTRACIÓN 9: AGENTE ESPUMANTE	37
ILUSTRACIÓN 10: MAQUINA GENERADORA DE ESPUMA	39
ILUSTRACIÓN 11: ENSAYO GRANULOMÉTRICO ARENA HOMOGENIZADA CANTERA CANVER	43
ILUSTRACIÓN 12: ENSAYO GRANULOMÉTRICO ARENA HOMOGENIZADA CANTERA HUAYCO.....	44
ILUSTRACIÓN 13: ENSAYO GRANULOMÉTRICO ARENA DE RIO DISENSA.....	45
ILUSTRACIÓN 14: ENSAYO DE CONSISTENCIA PORCENTAJE DE ADITIVO EUCECELL 200 VS ASIENTO	58
ILUSTRACIÓN 15: ENSAYO DE CONSISTENCIA PORCENTAJE DE ADITIVO EUCECELL 1000 VS ASIENTO	59
ILUSTRACIÓN 16: HUNDIMIENTO DE CALZADA Y ACERA.....	78
ILUSTRACIÓN 17: RELLENO DE ZANJA MEDIANTE MORTERO CELULAR.....	79
ILUSTRACIÓN 18: RELLENO FLUIDO.....	80
ILUSTRACIÓN 19: RELLENO DE ZANJA TUBERÍAS MEDIANTE MORTERO CELULAR.....	81
ILUSTRACIÓN 20: INYECCIÓN RELLENO FLUIDO	82
ILUSTRACIÓN 21: BLOQUE MORTERO CELULAR	83
ILUSTRACIÓN 22: DENSIDAD VS RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (EUCECELL 200)	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
ILUSTRACIÓN 23: DENSIDAD VS RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (EUCECELL 1000)...	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

RESUMEN

En el Ecuador no se ha implementado el uso de morteros celulares como solución a ciertas metodologías constructivas que no se puedan aplicar. Es necesario investigar nuevos morteros o hormigones cuya densidad sea menor a los convencionales.

El mortero celular es un mortero al cual por medio de espuma se incluye aire dentro del producto. Se elaboraron varios diseños de mezclas con diferentes dosificaciones con el fin de encontrar proporcionamientos óptimos para su uso. Estos morteros fueron elaborados por medio de un mortero convencional al cual se le agregaron los aditivos EucoCell 1000 y EucoCell 200. Los agregados fueron sometidos a ciertos análisis con el fin de trabajar con los aceptados por la norma.

Los diferentes morteros celulares fueron sometidos a pruebas de consistencia, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, prueba de calor y absorción. Con el fin de obtener las propiedades físicas de este material.

Luego se busco los diferentes usos que se le puede dar al mortero celular según la norma. Estos fueron especialmente para rellenos fluidos como relleno de zanjas, conducción de camas para tuberías, entre otros. Otro uso que se le encontró al mortero alveolar es la de elaborar bloques los cuales poseen buena ductilidad. A continuación se realizó el análisis de costo del mortero celular el cual fue comparado con costos de aplicaciones tradicionales.

Al final se hicieron estudios extras del uso de los aditivos en un hormigón convencional, al cual se le hicieron todas las pruebas de laboratorio descritas anteriormente. Otro análisis que se realizó fue la comparación del mortero celular vs el hormigón con piedra pómez con el fin de encontrar cual posee mejores resistencias y mejor trabajabilidad.

En conclusión, se obtuvieron resultados positivos con el mortero celular con EucoCell 200, debido a que este alcanzo los resultados esperados. En cambio con el mortero celular con EucoCell 1000 debido a que este es un material con inclusión de aire mayor, los resultados no fueron los esperados. En el análisis del hormigón al cual se le incluyo la espuma los resultados tampoco fueron los esperados. En el caso de la comparación del mortero celular vs hormigón con piedra pómez se encontró que las resistencias a compresión fueron menores pero la trabajabilidad fue mucho mejor en el mortero celular.

ABSTRACT

Ecuador haven't implement the use of cellular mortars as a solution to some constructive methodologies. Is necessary to research new mortar or concrete whose has less density than conventional.

Cellular concrete is a mortar which includes air in the product. Various designs were prepared with different dosages in order to find optimal proportioning . These foam mortars were prepared by a conventional mortar witch the additive Euocell 1000 Euocell 200 were added. The aggregates were subjected to certain tests in order to find which of those is accepted by the standard.

The different foam mortars were tested by consistency proof, compressive strength, flexural strength, heat resistant and absorption. In order to obtain the physical properties of this material.

According to the standard we find different applications to the cellular mortar. These were especially filled fluids such as backfilling, driving beds, among others. Another application that we found is to produce blocks which have good ductility. Later we made a cost analysis of cell mortar which was compared with the costs of traditional applications.

Eventually we analyzed additional studies of the use of additives in conventional concrete, which were tested in the laboratory. Another analysis was performed comparing the foam concrete vs concrete with pumice in order to find which has better strength and better workability.

In conclusion, positive results were obtained with the cellular mortar with Euocell 200, because it reached the expected results. In contrast with the foam mortar with Euocell 1000 because this is a material with higher air inclusion, the results were not as expected. In the analysis of the concrete, which the foam was included, the results were not as expected. For comparison of cellular mortar vs concrete pumice it was found that compressive strength was lower, but the workability was much better in cell mortar.

CAPITULO 1: PROBLEMA

1.1. Antecedentes

Los hormigones livianos se han usado durante muchos años en continentes como Europa y Asia, sus construcciones son aligeradas. En el continente americano el uso de hormigones convencionales es lo que ha despuntado, sin importar que existen alternativas mas económicas y con mejores tiempos. Existe una falta de estudios de hormigones como el celular, es por esto que ha sido poco usado en construcciones en américa latina.

Hay gran cantidad de hormigones livianos, con diferentes tipos de agregados ligeros para su realización, lo cual solo tienen en común es el uso del cemento, agua y algunas veces arena.

Con los avances tecnológicos se han experimentado con muchos tipos de agregados como piedra pómez, escorias, micro sílice, arcilla, hasta con plástico reciclado que ayudan al medio ambiente.

En el Ecuador debido al desarrollo de obras de infraestructura que se ejecutan, existe la necesidad de generar un elemento estructural que complemente al hormigón convencional para disminuir costos y mejorar tiempos en la ejecución de diversos proyectos.

Este desarrollo no ha tenido cabida en el Ecuador por cuanto no existe un historial que demuestre el desarrollo y ventajas del uso de hormigones celulares.

1.2. Descripción detallada del problema

El negocio de la construcción se basa en hormigones en el Ecuador, por ende cada día tiene mayor demanda. Esto se debe a que es un material que tiene mucha resistencia a la compresión y con armadura puede llegar a resistir flexión. Pero su mayor problema es el peso y los tiempos de construcción.

El impacto ambiental del hormigón se basa en su peso, ya que es un material de mucha densidad. Es por esto que los hormigones aligerados tienen mayores ventajas ya que su peso puede reducirse en un 40% o más. En hormigones ligeros tenemos la ventaja que se puede reducir densidades a 600 kg/m³ los cuales sirven para bloques, y los que tienen densidades de 1400 kg/m³ funcionan como estructurales.

El problema es determinar la mezcla correcta que nos garantice una buena resistencia. Se necesitan hacer ensayos de resistencia, densidad, compactación, entre otros, en un laboratorio para encontrar la mejor mezcla.

1.3. Propósito del trabajo de titulación

La solución para encontrar sistemas alternos constructivos, en las que se puede aligerar y mejorar la trabajabilidad, es el hormigón celular ya que ayuda a disminuir los costos y reducir el tiempo de construcción. Lo principal para que este hormigón sea eficaz, es encontrar la mezcla óptima, la cual aligere el hormigón y alcance buenas resistencias.

Las características físicas y químicas que nos ofrece el hormigón celular son:

- Mayor trabajabilidad
- Excelente aislamiento térmico, lo cual lleva a un ahorro de energía
- Colocación y acabado es más económico
- Baja Densidad, bajo peso, por ello menor impacto sísmico
- Es más dúctil
- Entre otros.

1.4. Objetivo General

Investigar y desarrollar tecnología para obtener un mortero celular, de baja densidad para ser utilizado en proyectos de infraestructura.

1.5. Objetivos específicos

- Experimentar en laboratorio con diferentes proporcionamientos para determinar el diseño correcto del Mortero Celular comparándolo con el mortero normal y encontrar la mezcla optima.
- Encontrar usos y aplicaciones para el mortero celular.
- Análisis comparativo de costos vs aplicaciones tradicionales

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. Historia del Hormigón Liviano

“Durante el Imperio romano se piensa que fue la primera vez que se inventó el hormigón liviano, el resultado fue la un hormigón a base de piedra pómez y limos calcinados el cual es parecido al cemento. Esto es constatado por las ruinas de los templos de la antigua Roma como por ejemplo acueducto Pont du Grand y los arcos del Coliseo Romano los cuales tienen luces de 25 metros o mas.” (Terreros, 2013).

En el siglo XX después de la segunda Guerra (Larrad, 1999) Mundial se empezaron a realizar investigaciones y ensayos con hormigones livianos estructurales, ya que se conocía que estos son livianos por las características de su materia prima los cuales son agregados de baja densidad. Un fabricante de ladrillos en Estados Unidos, Stephen Hayde (1917) registro hormigones de alto desempeño, mediante el uso de materiales como arcilla y pizarra con esto logro expandir el material en un horno para luego utilizarlo en el desarrollo de cascos de buques durante la primera guerra mundial.

En la ciudad de Kansas, Estados Unidos se amplio el Gimnasio de la Escuela de Deportes Acuáticos en el año 1922, mediante el uso de hormigones livianos estructurales. Otro ejemplo fue el edificio construido por la multinacional South Western Bell en 1928, en la ciudad de Kansas. En los estudios de esta estructura se analizo la posibilidad de construir 8 pisos con hormigones convencionales, pero gracias a los hormigones livianos esta se pudo hacer de 14 pisos.

En el continente Europeo, en Suecia, se logra fabricar bloques de mampostería con hormigón liviano para la construcción, ya que estos ayudan a la protección de agentes climáticos, el inventor fue Axel Erickson en 1929. La escoria espumosa como agregado liviano en los hormigones se uso en el Reino Unido. El uso de piedra pómez y pizarra han ayudado en la construcción de cubiertas prefabricadas y losas, por su comportamiento liviano estructural, cabe recalcar que esto se realizo en Alemania y existen Normas llamadas Dim 4028.

Los edificios mas altos de los años cincuenta y sesenta como por ejemplo el Australia Square de 184 metros de altura y el Park Regis de 140 metros, fueron desarrollados con Hormigón liviano estructural mediante la expansión de la arcilla y pizarra en hornos.

En 1950 en América del Sur también se realizaron análisis sobre los agregados para el hormigón liviano. Chile al ser atravesado por la Cordillera de los andes y volcanes, tienen algunos yacimientos de piedra pómez, los cuales son usados para hacer hormigón liviano. Ellos realizan análisis para usar este material como un árido liviano.

En el año 1969, en Venezuela el hormigón liviano se vuelve conocido y se incorpora la empresa Aliven (Aridos livianos de Venezuela), primera planta para realizar hormigones con arcilla expandida térmica. Ellos elaboran concreto estructural, ya que tienen un yacimiento de 50 hectáreas de arcilla.

En el ámbito del hormigón liviano existen diferentes aplicaciones y usos que a este se le puede dar como los hormigones livianos estructurales y el hormigón liviano de relleno, estos solo se diferencian por los materiales agregados que se usan para elaborarlos. Y se parecen en el uso del agua y del cemento. Si deseamos construir un edificio el hormigón liviano estructural es una buena opción ya que ayuda a la resistencia contra el fuego y durabilidad.

Existen nuevos avances en la tecnología donde se ha experimentado con diferentes tipos de agregados de baja densidad como pizarras, arcillas y escorias expandidas, pero también se han experimentado con agregados artificiales como polietileno que se basa en plástico, y la cascarilla de arroz que es rica en sílice.

Conocer las características físicas y los procesos de realización de agregados es fundamental para la adición de químicos en el hormigón liviano. La adición de químicos reductores de agua y la mezcla deberán ser bien dosificadas ya que son fundamentales para el curado.

2.2. Fundamentación Teórica

2.2.1. Hormigón Concepto

El concreto es la mezcla de pasta de cemento y agregados como arena y piedra , al juntarse con el agua se crea una reacción química la cual produce una masa compacta muy parecida a la roca. Las densidades que tiene el hormigón van desde los 2200 hasta 2400 kg/m³. Los agregados son alrededor del 65% del volumen por ende los áridos contribuyen a la densidad y resistencia final del concreto. Las propiedades del hormigón se las pueden mejorar mediante la adición de aditivos químicos.

2.2.2. Mortero Concepto

El mortero es la mezcla de arena, agua y con un pegante que puede ser cemento o yeso. Estos generalmente se elaboran premezclados o manualmente. El mortero se elabora de acuerdo a la consistencia, la cual se la nombra de acuerdo a la relación cemento-arena. Este material tiene muchos empleos como mampostería, recubrimientos, entre otros.

2.2.3. Hormigón Liviano Concepto

Se conoce como hormigón liviano a los concretos cuya densidad es menor a 1800 kg/m³ en un estado seco. Donde se muestra la resistencia máxima a la compresión de 17.2 Mpa a los 28 días. Este hormigón se basa en el uso de agregados livianos con el fin de disminuir su peso, pero conservando las características parecidas al hormigón convencional. Al igual que el concreto tradicional se exige controlar la calidad mediante los 2 principios importantes que son la durabilidad, resistencia y manejabilidad.

La manejabilidad del hormigón es directamente afectada por el agregado liviano debido a las elevadas absorciones de agua y la textura. El inconveniente ocurre en la trabajabilidad en el momento que los agregados finos tiene un peso muy liviano y los agregados gruesos también. La mejor forma de conseguir una mezcla mas eficiente es utilizando agregados finos de peso normal y agregados gruesos de peso liviano, esto ayuda a reducir la segregación y exudación. Si existen problemas se puede humedecer el agregado liviano con el fin que no consuma el agua de la mezcla.

Basándonos en el uso que le daremos al hormigón liviano se exigen ciertos parámetros de diseños para escoger el agregado de acuerdo a las cualidades físicas y químicas, con el fin de que estas sean las del hormigón final. Los principales usos son construcciones de viviendas en las se incluyen las partes estructurales y relleno, y elementos prefabricados.

El Hormigón liviano nos brinda muchas ventajas como:

- Reducción de acero
- Menor densidad y peso de la estructura
- Disminución del efecto sísmico al disminuir masa.
- Ahorro de transporte
- Aislamientos acústicos y térmicos.

2.2.3.1. Clasificación

Debido a los diferentes métodos de elaboración de los hormigones alivianados, se ha vuelto complicado clasificar este tipo de hormigón. Una corta explicación y clasificación que podemos darle es la siguiente:

- **Hormigón sin finos:** Se eliminan los agregados finos, por lo que se crean muchos vacíos. Los agregados gruesos no se alteran
- **Hormigón de agregado ligero:** Se le incluye agregados livianos de baja densidad al hormigón. De este tipo existe un sin numero de hormigones.

- **Hormigón espumoso, aireado o celular:** Debido a la incorporación de aire se crean vacíos dentro del hormigón o mortero. El agente espumante facilita la inclusión de aire dentro de la masa fresca.

Se ha ido mejorando e innovando el hormigón con el pasar de los años con el fin de alivianar el elemento y obtener resistencias aceptables que estén dentro de la norma.

2.3. Mortero

2.3.1. Componentes del mortero

Los morteros básicamente se compone de agregados finos y cementos.

2.3.1.1. Cemento

“El componente más costoso del concreto es el cemento. La pasta de cemento (cemento y agua) es el elemento que llena los vacíos entre los agregados, provee la trabajabilidad del concreto en estado fresco y proporciona la adherencia o pega entre los agregados una vez el concreto se endurece. El porcentaje de vacíos de una mezcla de agregados está principalmente relacionado con su gradación, forma y textura.” (Larrad, 1999)

El cemento es el material mas importante del mortero y hormigón. Este se produce por la mezcla de yeso, Clinker y otros. El principal es el Clinker el cual se lo elabora mediante la quema de arcillas y calizas, las cuales se extraen en canteras y luego se las tritura.

Todo cemento hidráulico que se comercialice en el mercado debe cumplir con la norma vigente NTE INEN 2380 o ASTM C1157. Esta norma se aplica a los cementos:

- Tipo GU
- Tipo HE
- Tipo MS
- Tipo HS

- Tipo MH
- Tipo LH

En el Ecuador el mayor proveedor de cemento es la empresa multinacional Holcim. Los cuales cumplen con todas las normas. Holcim posee los siguientes productos:



Ilustración 1: Sacos de cemento que Holcim ofrece

Autor: (Holcim, 2016)

“Holcim Fuerte Tipo GU: Está diseñado para todo tipo de construcción en general, contando como principales características su resistencia, durabilidad y destacado desempeño que cumple y excede los estándares de la norma NTE INEN 2380.

Holcim Premium Tipo HE: Está fabricado para obtener altas resistencias iniciales y es ideal para edificaciones y sistemas industrializados; ya que su destacado desempeño cumple y excede los estándares de la norma NTE INEN 2380.

Holcim Ultra Durable GU HS: para aplicación en estructuras con alta exposición a ataques de sulfatos.

Holcim Base Vial Tipo MH: Es un cemento de moderado calor de hidratación, desarrollado especialmente para generar las resistencias adecuadas que permitan mejorar y estabilizar suelos mediante el uso del material disponible en sitio, reducir los costos de construcción, conservar el ambiente y mejorar la calidad y durabilidad de los caminos.” (Holcim, 2016)

2.3.1.2. Agregados

Los agregados son la parte inorgánica del hormigón o mortero los cuales están bañados por el cemento y el agua. Estos conforman el mayor elemento de la mezcla por ende son los que fijan las propiedades del concreto. La mezcla cementicia es el pegante de los agregados.

Los agregados se dividen en dos subtipos:

- Agregados gruesos: Se los conoce como la piedra o grava del hormigón, estos siempre se retienen en el tamiz No4. El tamaño máximo de este puede variar entre 19mm o 25mm.
- Agregado fino: Este se lo conoce como la arena del concreto o mortero. Puede ser recogida de ríos, los cuales se conocen como arenas naturales o pueden ser trituradas en cantera, las que se conocen como manufacturadas.

2.3.1.3. Análisis Granulométrico

El ensayo de Análisis granulométrico nos permite determinar cuantitativamente la distribución de las partículas del agregado en tamaños. La norma ASTM D-422 nos muestra como determinar los porcentajes que deben tener los agregados para que sean aceptables. El juego de tamices va desde el tamiz N200 hasta el 3/8 dependiendo del tamaño máximo de la partícula.

El ensayo consiste primero secar el agregado por 24 horas en hornos a 105-110 °C, se toma el peso seco. Luego se pone el agregado en el tamiz superior y la maquina empieza a dar los golpes. En 15 minutos se separan los tamices y se pesa el agregado de cada uno. Al final los resultados se los ordena de acuerdo al porcentaje y se analiza la curva.



Ilustración 2: Tamizador

Fuente: Autor



Ilustración 3: Pesa y tamiz

Fuente: Autor

2.3.1.4. Modulo de finura

El modulo de finura se obtiene después de haber hecho el análisis granulométrico. Este análisis nos ayuda a encontrar si la arena que vamos a utilizar en la mezcla es la optima. El valor del MF debe estar entre 2 y 3 para que pueda ser usada. Si el MF es menor a 2 significa que es muy fina la arena y si es mayor a 3 es muy gruesa. Este se calcula sumando los porcentajes retenidos acumulados desde 3/8" hasta la malla 100 y se los divide para 100.

2.3.1.5. Agua

EL cemento hidráulico para endurecer debe activarse la composición química por medio del agua. Toda mezcla de hormigón o mortero una vez que entra en contacto con el agua, al cabo de un tiempo empieza el proceso de fraguado y se endurece.

Es muy importante que una vez que esté lista la mezcla, se ponga en encofrados antes de que se vuelva rígido para garantizar la trabajabilidad y la resistencia. Dentro de los encofrados se debe hacer un vibrado y una compactación con el fin de que no queden vacíos dentro del molde. Una vez que se desencofra se debe empezar el proceso de curado, este consiste en mojar la mezcla con el fin de que no se formen grietas debido a la contracción.

2.4. Ensayos

2.4.1. Resistencia a la compresión

Según la norma ASTM C109 para rotura de morteros hidráulicos sometido a ensayo a compresión se debe realizar por medio de moldes cúbicos de 50mm por lado. Los resultados de estos ensayos determinan el cumplimiento de las especificaciones.

2.4.1.1. Procedimientos

Se elabora la mezcla del mortero con arena, cemento y agua según el diseño. La mezcla se la ubica en los cubitos, esta se la moldea perfectamente.

Después de que el mortero fragüe, se lo deja un día en el molde. Luego se lo desmolda y este se sumerge en el agua para que comience el proceso de curado.

Estos cubos a los 7, 14 y 28 días se lo somete a compresión en una prensa, la cual nos da el valor de la máxima carga que este provee al momento de su rotura.

La resistencia se la calcula dividiendo la carga máxima que la prensa provee dividido para el área de la superficie del cubo.

La resistencia esta dada en kg/cm^2 y se deben hacer 2 o mas ejemplos con el fin de promediar los resultados.

2.4.1.2 Materiales y equipos

- Balanza
- Molde de cubos para mortero de 50mm por lado
- Dial de carga
- Prensa para aplicar la carga



Ilustración 4: Molde cubos mortero

Fuente: Autor



Ilustración 5: Ensayo a compresión

Fuente: Autor

2.4.2. Resistencia a la flexión.

Según la norma ASTM C-78 la capacidad de flexión se la evalúa por medio de vigas hechas en moldes de 6x6x21.

2.4.2.1 Procedimientos

Una vez que están listas las vigas, estas se las ubica en la prensa. La prensa aplica cargas en forma de rodillos a cada tercio de la viga simplemente apoyada o en el centro de la viga.

2.4.2.2. Materiales y equipos

- Moldes de vigas
- Balanza
- Dial de carga
- Prensa para aplicar carga
- Rodillos

2.4.3. Ensayo de Consistencia (Cono de Abrams)

El ensayo de consistencia se utiliza para analizar el comportamiento del concreto o mortero fresco. Con este podemos ver la trabajabilidad y el asiento que el mortero posee. El comportamiento del material permite estudiar la capacidad de adaptarse el mortero al encofrado.

2.4.3.1. Procedimiento

El cono de Abrams se lo ubica en una superficie húmeda y plana, se debe pisar las alas para impedir el movimiento. Luego se vierte el hormigón a 1/3 del volumen y se hacen los 25 golpes del varillado, este proceso se lo repite dos veces mas. La parte superior del

molde se deja con el material al ras. En seguida se levanta el molde verticalmente. Finalmente se mide la diferencia entre la parte superior del molde y la altura media del cono deformado.

2.4.3.2. Materiales y equipos

- Varilla
- Cono de Abrams



Fig. 4.11 Ensayo de asentamientos del cono de Abrams.

Ilustración 6: Ensayo de asentamiento cono de Abrams

Autor: (Becerra)



Ilustración 7: Prueba de Abrams muestra

Fuente: Autor

2.4.4. Absorción de humedad

La prueba de absorción nos permite analizar cuanta agua absorbe el concreto y comparar la muestra entre su estado húmedo, superficialmente seco y seco. Esta prueba se la adapto de la norma ASTM C128-97.

2.4.4.1 Procedimiento

La prueba de absorción consiste en sumergir probetas con la muestra del concreto celular durante 48 horas, esta debe ser pesada al cabo de los 2 días. Luego de que se seque la superficie se la vuelve a pesar. Al final se pone la muestra en el horno para luego pesarla completamente seca. Con estos datos podemos calcular la absorción de mortero celular.

2.4.4.2 Materiales

- Horno
- Balanza



Ilustración 8: Horno

Fuente: Autor

2.5. Conducción térmica

Esta prueba consiste en poder analizar la conducción de calor dentro del material. Según la norma IRAM 11601 la conducción térmica del mortero celular es 0.5.

2.5.1. Procedimiento

La probeta se la somete a 500 grados y luego se toma la temperatura en ambas caras de la muestra cada 15 minutos hasta llega a 1 hora.

2.5.2. Materiales

- Estufa
- Termómetro

2.4.5. Normas para recolección de datos

Se usaron varias normas para recoger los datos usados en la investigación, los cuales se encuentran en la norma ASTM (Norma Norteamericana) y ACI (American Concrete Institute), a continuación se detallan:

- Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D-422)
- Especificación Normalizada para Agregados para Concreto (ASTM C33, 2013)
- Método de Prueba Estándar para la Resistencia a la Compresión de Morteros de Cemento Hidráulico (ASTM C109)
- Método de Ensayo Normalizado para Determinar la Densidad, la Densidad Relativa (Gravedad Específica), y la Absorción de Agregados Finos (ASTM C128 - 04a, 2012)
- Especificación Normalizada para Concreto Premezclado (ASTM C94/C94M - 09, 2014)
- Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate (ASTM C128-97)

- Método de Ensayo Normalizado para Asentamiento de Concreto de Cemento Hidráulico (ASTM C143/C143M - 10, 2012)
- Método de Ensayo para Determinar la Densidad del Hormigón en Estado Fresco (ASTM C1688 / C1688M - 14a, 2013)
- Método de Ensayo Normalizado para la Determinación de la Resistencia a la Flexión del Concreto (Utilizando Viga Simple con Carga en los Tercios del Claro) (ASTM C78/C78M - 02, 2010)
- Método de Ensayo Normalizado para Asentamiento de Concreto de Cemento Hidráulico (ASTM C143/C143M - 10, 2011)
- Controlled Low-Strength Materials ((ACI 229R-99, 1999)

2.5. Aditivos

Los aditivos para mortero o hormigón son componentes diseñados para las mezclas en estado fresco, con el fin modificar las propiedades físicas de este. Los laboratorios suelen ofrecer una gran variedad de químicos en estados líquido o en polvo. Existe una gran variedad de aditivos los cuales se los puede clasificar por su función.

2.5.1. Funciones

Los aditivos reductores de agua, también conocidos como plastificantes son los que ayudan a reducir el contenido de agua dentro del hormigón o mortero. Este aumenta el asiento y ayuda a la trabajabilidad. En este mismo escenario existe el aditivo superplastificante o reductor de agua de alta intensidad. Este químico produce el mismo efecto que el plastificante con la diferencia que el asiento es mucho mayor. También podemos reducir la exudación mediante un reductor de agua.

2.5.2. Dosificaciones

Las dosificaciones de los aditivos van de acuerdo a las especificaciones técnicas y el diseño del mortero u hormigón.

2.6. Mortero/Hormigón Celular

El mortero celular se lo elabora mediante la combinación del agregado fino, cemento, agua y el aditivo espumante, en algunos casos se ha incluido además el agregado grueso. Este mortero celular al momento de endurecer resulta ser un hormigón liviano que contiene muchos pequeños huecos de aire en el interior de la masa y tamaño consistente.

Una cualidad de la densidad del mortero celular es que este resulta inferior al mortero convencional, esta propiedad va relacionada directamente con la cantidad de espuma que se agregue. La manera de lograr productos con distintas densidades es regulando los proporcionamientos del aditivo. La resistencia va de la mano con la densidad, y esta es reducida por la inclusión de aire.

2.6.1. Componentes

Los principales componentes son:

- Cemento
- Agregado fino
- Agua
- Espuma

2.6.2. Aditivos

En la esta tesis se trabajara con 2 aditivos generadores de espuma para mortero celulares los cuales la ficha técnica se encuentra en el Anexo 1 y Anexo 2.



Ilustración 9: Agente espumante

Fuente: Autor

2.6.2.1. Euco cell 200

Este aditivo está diseñado para la elaboración de morteros fluidos celulares con contenidos de aire del 20%. Con este aditivo obtenemos morteros celulares de baja densidad.

2.6.2.1.1. Ventajas

Estas son mezclas menos densas que los hormigones convencionales y posee las siguientes ventajas:

- Reduce la retracción
- Alta fluidez
- Alta trabajabilidad
- Autonivelante

- Uso en lugares estrechos
- Bombeable
- Mezcla fluida sin segregación

2.6.2.2. Euocell 1000

Este aditivo esta diseñado para la elaboración de morteros fluidos celulares con contenidos de aire superiores al 35%. Con este aditivo obtenemos morteros celulares de baja densidad.

2.6.2.2.1 Ventajas

Estas son mezclas menos densas que los hormigones convencionales y posee las siguientes ventajas:

- Alta fluidez
- Alta trabajabilidad
- Reduce contracción
- Aumenta asentamiento
- Autonivelante
- Sin segregación

2.6.3. Generador de espuma

Existen muchas maneras de generar la espuma, debido a que el aditivo es altamente espumante. La maquina se la realizo por medio de los siguientes componentes:

- Bomba neumática de diafragma
- Compresor



Ilustración 10: Máquina generadora de espuma

Fuente: Autor

2.6.4. Ventajas Mortero celular

Densidad

El hormigón celular al tener baja densidad permite aliviar los diseños, reduciendo las cargas dependiendo del uso que a este se le de. Por ejemplo en el caso de bloques reduce el peso a la estructura. También podemos decir que gracias a su baja densidad los esfuerzos horizontales en las estructuras permiten minimizar las cargas sísmicas

Humedad

En el mortero celular el proceso de capilaridad y absorción es mas lento que el sistema convencional debido a que este posee una estructura de poros cerrados.

Velocidad de construcción

El mortero celular tiene muy buena consistencia debido a que no se incluye agregado grueso y la espuma ayuda a la trabajabilidad. Esta mezcla se auto nivela, es decir se distribuye uniformemente y permite rellenar todos los espacios. No se necesita de vibración.

Aislamiento térmico

El aditivo espumante que posee el mortero celular crea una gran cantidad de vacíos dentro de la mezcla, la cual contiene un sin número de células de aire. Una vez que el mortero fragua se crea un material mucho más termoaislante. Gracias a esto tenemos un ahorro de energía, porque crea un mayor confort térmico.

Resistencia al fuego

El mortero celular es un material incombustible y su conductividad térmica es muy baja. Este puede ser aplicado en sistemas cortafuegos porque el flujo de calor de este material es bajo.

Material Ecológico

Esta mezcla una vez que cumplió su tiempo de uso puede ser reutilizado porque es fácil de demoler, triturar y ser usado en la fabricación del mismo.

2.6.5. Desventajas del Hormigón Celular

- Es un material más costoso
- Es más vulnerable a agentes químicos debido a que este posee mayor porosidad.
- Posee bajas resistencias debido a la presencia de vacíos. Muchas veces es difícil llegar a la resistencia deseada.
- El sistema de dosificación, mezclado y curado debe ser muy cuidadoso en el momento de producción, ya que cualquier factor puede alterar sus propiedades.

CAPÍTULO 3: CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

3.1. Agregados

En el desarrollo del trabajo de titulación los agregados que se usaron fueron Arena homogenizada (Cantera Canver), esta fue seleccionada entre 3 tipos de arena que se les hicieron el análisis granulométrico.

3.1.1. Agregado Fino

Se analizaron 3 tipos de arena diferentes los cuales son:

- Arena Homogenizada cantera Canver
- Arena Homogenizada cantera Huayco
- Arena de rio

3.1.1.1. Arena Homogenizada Cantera Canver

Arena Homogenizada Cantera CanVer					
Tamiz	Peso parcial	Porcentaje retenido	Porcentaje Acumulado	Pasante	Norma
3/8	0	0.0%	0.0%	100.0%	100
N4	42	4.2%	4.2%	95.8%	95-100
N8	93	9.3%	13.5%	86.5%	80-100
N16	343	34.3%	47.8%	52.2%	50-85
N30	236	23.6%	71.4%	28.6%	25-60
N50	152	15.2%	86.6%	13.4%	5-30
N100	87	8.7%	95.3%	4.7%	0-10
Fondo	47	4.7%	100.0%	0.0%	
	1000	100%			

Tabla 1: Ensayo granulométrico Arena Cantera CanVer

Fuente: Autor

Módulo de finura: 3.1

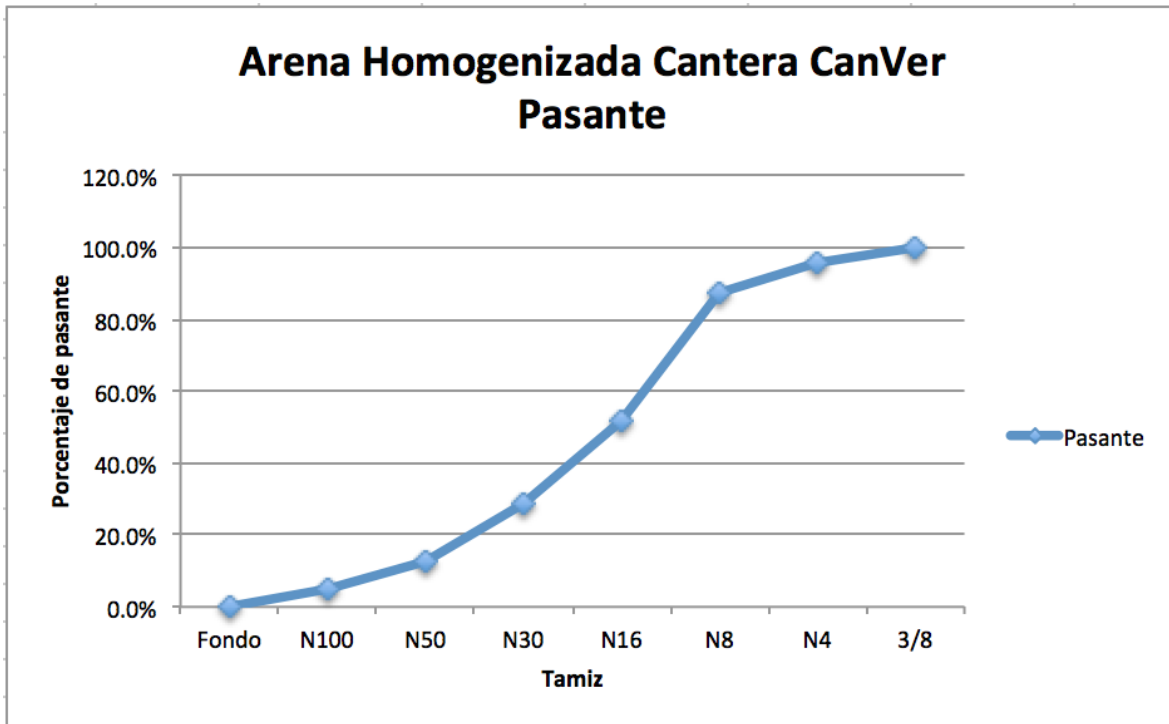


Ilustración 11: Ensayo Granulométrico Arena Homogenizada Cantera CanVer

Fuente: Autor

3.1.1.2. Arena Homogenizada Cantera Huayco

Arena Homogenizada Huayco					
Tamiz	Peso parcial	Porcentaje retenido	Porcentaje Acumulado	Porcentaje que pasa	Norma
3/8	0	0.00%	0.00%	100.00%	100
N4	11.1	2.29%	2.29%	97.71%	95-100
N8	171.2	35.31%	37.60%	62.40%	80-100
N16	121.8	25.12%	62.71%	37.29%	50-85
N30	65.5	13.51%	76.22%	23.78%	25-60
N50	35.4	7.30%	83.52%	16.48%	5-30
N100	33	6.81%	90.33%	9.67%	0-10
Fondo	46.9	9.67%	100.00%	0.00%	
	484.9	100%			

Tabla 2: Ensayo granulométrico Arena Cantera Huayco

Fuente: Autor

Módulo de finura: 3.52

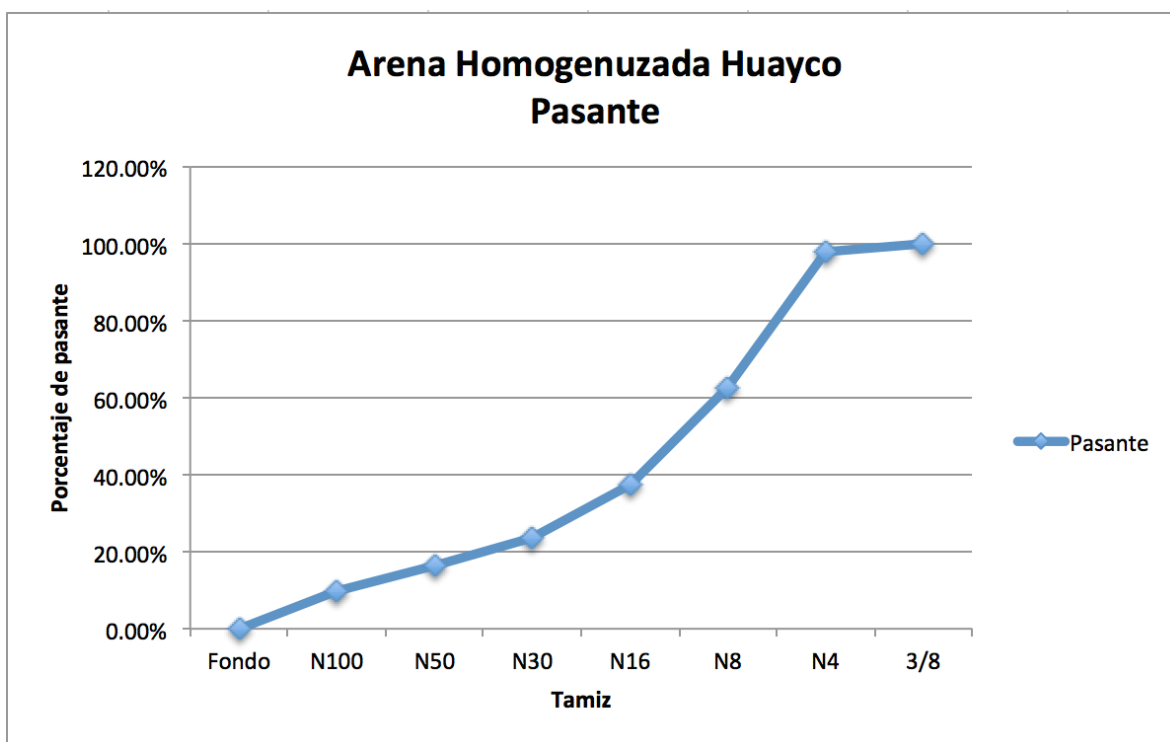


Ilustración 12: Ensayo granulométrico arena homogenizada cantera Huayco

Fuente: Autor

3.1.1.3. Arena de Rio Disensa

Arena de rio Disensa					
Tamiz	Peso parcial	Porcentaje retenido	Porcentaje Acumulado	Porcentaje que pasa	Norma
3/8	0	0.00%	0.00%	100.00%	100
N4	3.6	0.40%	0.40%	99.60%	95-100
N8	5.3	0.59%	0.99%	99.01%	80-100
N16	16.6	1.84%	2.83%	97.17%	50-85
N30	72	8.00%	10.83%	89.17%	25-60
N50	421.8	46.87%	57.70%	42.30%	5-30
N100	315.7	35.08%	92.78%	7.22%	0-10
Fondo	65	7.22%	100.00%	0.00%	
	900	100%			

Tabla 3: Ensayo granulométrico Arena de rio Disensa

Fuente: Autor

Módulo de finura: 1.65



Ilustración 13: Ensayo granulométrico arena de río Disensa

Fuente: Autor

3.1.2. Elección de la arena

La arena que cumple con la norma es la Arena Homogenizada de la Cantera Canver. Según la granulometría la arena de la cantera Huayco es muy gruesa y la arena de río de Disensa es muy fina, por ende no cumplen la norma.

3.1.2. Cemento

El cemento que se utilizó para el trabajo de titulación es Cemento hidráulico tipo GU de Holcim, la especificación se encuentra en el Anexo 3.

3.1.3. Agua

Para realizar los diseños de mortero celular se usa agua que viene de la red pública del cantón Guayaquil. La empresa Interagua certifica que es agua limpia sin contaminaciones, es decir sin agentes que puedan alterar la mezcla como aceite y materia orgánica. Esta agua cumple los estándares.

3.1.4. Agente espumante

Para este proyecto se utilizarán dos aditivos espumantes que son Euocell 200 y Euocell 1000. Estos químicos son exportados y proporcionados por la empresa Euclid. La dosificación es un porcentaje del peso del cemento.

CAPITULO 4: DOSIFICACIONES Y DISEÑO DE MEZCLAS.

4.1. Diseño de mezclas y dosificaciones

Para este proyecto se hicieron pruebas preliminares con diseños de morteros relación 1:2, 1:3, 1:4 y se hicieron pruebas de resistencia y calculo de pesos para ver con cual trabajar. Se determino que la mezcla 1:3 era la optima para la elaboración de morteros celulares por su mejor fluidez y densidad.

Para mortero celular Euocell 200

Mortero relación 1:3

Cemento = 50 kg

Arena homogenizada= 150 kg

Relación A/C =0.51

Agua= 25.5 litros

Para mortero celular Euocell 1000

Mortero relación 1:3

Cemento = 50 kg

Arena homogenizada= 150 kg

Relación A/C =0.55

Agua= 27.5 litros

4.1.1. Dosificaciones de aditivo Eucozell 200

4.1.1.1. Mortero celular 2%

Diseño #1 Eucozell 200	
Mortero relación 1:3; 2% de espuma	
Material	Cantidad
Cemento	50 kg
Arena homogenizada	150 kg
Agua	25.5 litros
Eucozell 200	1000 gr

Tabla 4: Diseño mortero celular, 2% Eucozell 200

Fuente: Autor

4.1.1.2. Mortero celular 3%

Diseño #2 Eucozell 200	
Mortero relación 1:3; 3% de espuma	
Material	Cantidad
Cemento	50 kg
Arena homogenizada	150 kg
Agua	25.5 litros
Eucozell 200	1500 gr

Tabla 5: Diseño mortero celular, 3% Eucozell 200

Fuente: Autor

4.1.1.3. Mortero celular 4%

Diseño #3 Eucozell 200	
Mortero relación 1:3; 4% de espuma	
Material	Cantidad
Cemento	50 kg
Arena homogenizada	150 kg
Agua	25.5 litros
Eucozell 200	2000 gr

Tabla 5: Diseño mortero celular, 4% Eucozell 200

Fuente: Autor

4.1.1.4. Mortero celular 5%

Diseño #4 Euocell 200	
Mortero relación 1:3; 5% de espuma	
Material	Cantidad
Cemento	50 kg
Arena homogenizada	150 kg
Agua	25.5 litros
Euocell 200	2500 gr

Tabla 6:Diseño mortero celular, 5% Euocell 200

Fuente: Autor

4.1.2. Dosificaciones de aditivo Euocell 1000

4.1.2.1. Mortero celular 3%

Diseño #5 Euocell 1000	
Mortero relación 1:3; 3% de espuma	
Material	Cantidad
Cemento	50 kg
Arena homogenizada	150 kg
Agua	27.5 litros
Euocell 1000	1500 gr

Tabla 7:Diseño mortero celular, 3% Euocell 1000

Fuente: Autor

4.1.2.2. Mortero celular 4%

Diseño #6 Euocell 1000	
Mortero relación 1:3; 4% de espuma	
Material	Cantidad
Cemento	50 kg
Arena homogenizada	150 kg
Agua	27.5 litros
Euocell 1000	2000 gr

Tabla 8:Diseño mortero celular, 4% Euocell 1000

Fuente: Autor

4.1.2.3. Mortero celular 5%

Diseño #7 Euocell 1000	
Mortero relación 1:3; 5% de espuma	
Material	Cantidad
Cemento	50 kg
Arena homogenizada	150 kg
Agua	27.5 litros
Euocell 1000	2500 gr

Tabla 9:Diseño mortero celular, 5% Euocell 1000

Fuente: Autor

**CAPITULO 5: PRUEBAS DEL MORTERO CELULAR CON Y SIN
ADITIVO**

5.1. Determinación del peso y la densidad de los morteros celulares

El peso y la densidad del mortero celular es menor al mortero sin aditivo, debido a que la inclusión de vacíos dentro de la masa crea pequeños huequitos dentro de la mezcla.

El mortero sin aditivo posee las siguientes cualidades:

Para el mortero que se usara con aditivo Eucozell 200:

Peso medio 265 gramos (cubo)

Densidad media= 2120 kg/m³

Para el mortero que se usara con aditivo Eucozell 1000:

Peso medio 252 gramos (cubo)

Densidad media= 2016 kg/m³

Estos valores se los compara con el peso medio y la densidad media de los morteros celulares.

5.1.1. Densidad mortero celular Eucozell 200

5.1.1.1. Densidad Mortero celular Eucozell 200 (2%)

Densidad Morteros celulares			
Aditivo Eucozell 200			
Porcentaje Eucozell 200	Peso (gramos)	Volumen	Densidad kg/m ³
2%	242	125	1936
	245	125	1960
	241	125	1928
	238	125	1904
	246	125	1968
	248	125	1984

Media Peso Gramos	243.33	Gramos
Media Densidad	1946.67	Kg/m ³

Tabla 10: Densidad mortero celular Eucozell 200 (2%)

Fuente: Autor

5.1.1.2. Densidad Mortero celular Eucozell 200 (3%)

Densidad Morteros celulares			
Aditivo Eucozell 200			
Porcentaje Eucozell 200	Peso (gramos)	Volumen	Densidad kg/m ³
3%	232	125	1856
	231	125	1848
	229	125	1832
	230	125	1840
	231	125	1848
	235	125	1880

Media Peso Gramos	231.33	Gramos
Media Densidad	1850.67	Kg/m ³

Tabla 11: Densidad mortero celular Eucozell 200 (3%)

Fuente: Autor

5.1.1.3. Densidad Mortero celular Eucozell 200 (4%)

Densidad Morteros celulares			
Aditivo Eucozell 200			
Porcentaje Eucozell 200	Peso (gramos)	Volumen	Densidad kg/m ³
4%	222	125	1776
	218	125	1744
	215	125	1720
	213	125	1704
	221	125	1768
	223	125	1784

Media Peso Gramos	218.67	Gramos
Media Densidad	1749.33	Kg/m ³

Tabla 12: Densidad mortero celular Eucozell 200 (4%)

Fuente: Autor

5.1.1.4. Densidad Mortero celular Euocell 200 (5%)

Densidad Morteros celulares			
Aditivo Euocell 200			
Porcentaje Euocell 200	Peso (gramos)	Volumen	Densidad kg/m ³
5%	210	125	1680
	195	125	1560
	211	125	1688
	197	125	1576
	193	125	1544
	212	125	1696

Media Peso Gramos	203.00	Gramos
Media Densidad	1624.00	Kg/m ³

Tabla 13: Densidad mortero celular Euocell 200 (5%)

Fuente: Autor

5.1.1.5. Análisis resultados Mortero celular con Euocell 200 comparado con muestra patrón (1:3)

Densidad mortero celulares Resultados				
Aditivo Euocell 200				
Porcentaje Euocell 200	Peso (medio)	Densidad(media) (kg/m ³)	Diferencia densidad mortero celular vs muestra patrón (%)	Alivianamiento densidad (%)
Muestra patrón	265	2120		
2%	243.33	1946.67	91.82%	8.18%
3%	231.33	1850.67	87.30%	12.70%
4%	218.67	1749.33	82.52%	17.48%
5%	203.00	1624.00	76.60%	23.40%

Tabla 14: Análisis resultados Mortero celular Euocell 200 comparado con mortero

Fuente: Autor

5.1.2. Densidad mortero celular Eucozell 1000

5.1.2.1. Densidad Mortero celular Eucozell 1000 (3%)

Densidad Morteros celulares			
Aditivo Eucozell 1000			
Porcentaje Eucozell 1000	Peso (gramos)	Volumen	Densidad kg/m ³
3%	174	125	1392
	161	125	1288
	165	125	1320
	172	125	1376
	169	125	1352
	172	125	1376

Media Peso Gramos	168.83	Gramos
Media Densidad	1350.67	Kg/m ³

Tabla 15: Densidad mortero celular Eucozell 1000 (3%)

Fuente: Autor

5.1.2.2. Densidad Mortero celular Eucozell 1000 (4%)

Densidad Morteros celulares			
Aditivo Eucozell 1000			
Porcentaje Eucozell 1000	Peso (gramos)	Volumen	Densidad kg/m ³
4%	157	125	1256
	157	125	1256
	153	125	1224
	158	125	1264
	151	125	1208
	157	125	1256

Media Peso Gramos	155.50	Gramos
Media Densidad	1244.00	Kg/m ³

Tabla 16: Densidad mortero celular Eucozell 1000 (4%)

Fuente: Autor

5.1.2.3. Densidad Mortero celular Eucozell 1000 (5%)

Densidad Morteros celulares			
Aditivo Eucozell 1000			
Porcentaje Eucozell 1000	Peso (gramos)	Volumen	Densidad kg/m ³
5%	127	125	1016
	121	125	968
	118	125	944
	128	125	1024
	127	125	1016
	125	125	1000

Media Peso Gramos	124.33	Gramos
Media Densidad	994.67	Kg/m ³

Tabla 17: Densidad mortero celular Eucozell 1000 (5%)

Fuente: Autor

5.1.2.4 Análisis resultados Mortero celular con Eucozell 1000 comparado con muestra patrón (1:3)

Densidad mortero celulares Resultados				
Aditivo Eucozell 1000				
Porcentaje Eucozell 1000	Peso (medio)	Densidad(media) (kg/m ³)	Diferencia densidad mortero celular vs muestra patrón (%)	Alivianamiento densidad (%)
Muestra patrón	252	2016		
3%	168.83	1350.67	67.00%	33.00%
4%	155.50	1244.00	61.71%	38.29%
5%	124.33	994.67	49.34%	50.66%

Tabla 18: Análisis resultados Mortero celular Eucozell 1000 comparado con mortero

Fuente: Autor

5.2. Ensayo de consistencia (Cono de Abrams)

5.2.1. Consistencia Aditivo Eucozell 200

Pruebas de consistencia (Cono de Abrams)	
Mortero celular Eucozell 200	
Porcentaje aditivo	Asentamiento (cm)
0%	2.5
2%	14
3%	16
4%	19
5%	21

Tabla 19: Ensayo consistencia Eucozell 200

Fuente: Autor

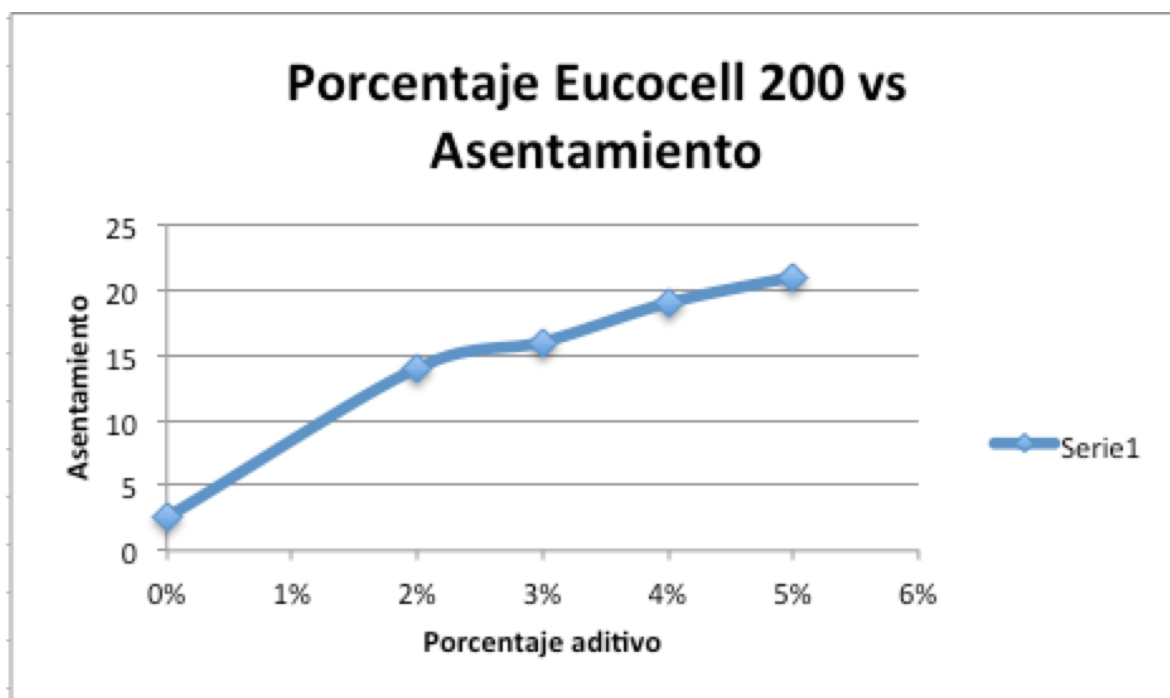


Ilustración 14: Ensayo de consistencia Porcentaje de aditivo Eucozell 200 vs Asiento

Fuente: Autor

5.2.2. Consistencia Aditivo Eucozell 1000

Pruebas de consistencia (Cono de Abrams)		
Mortero celular Eucozell 1000		
Porcentaje aditivo	Asiento (cm)	Diámetro (cm)
0%	5	
3%	24	
4%	28	74
5%	29	83

Tabla 20: Ensayo consistencia Eucozell 200

Fuente: Autor

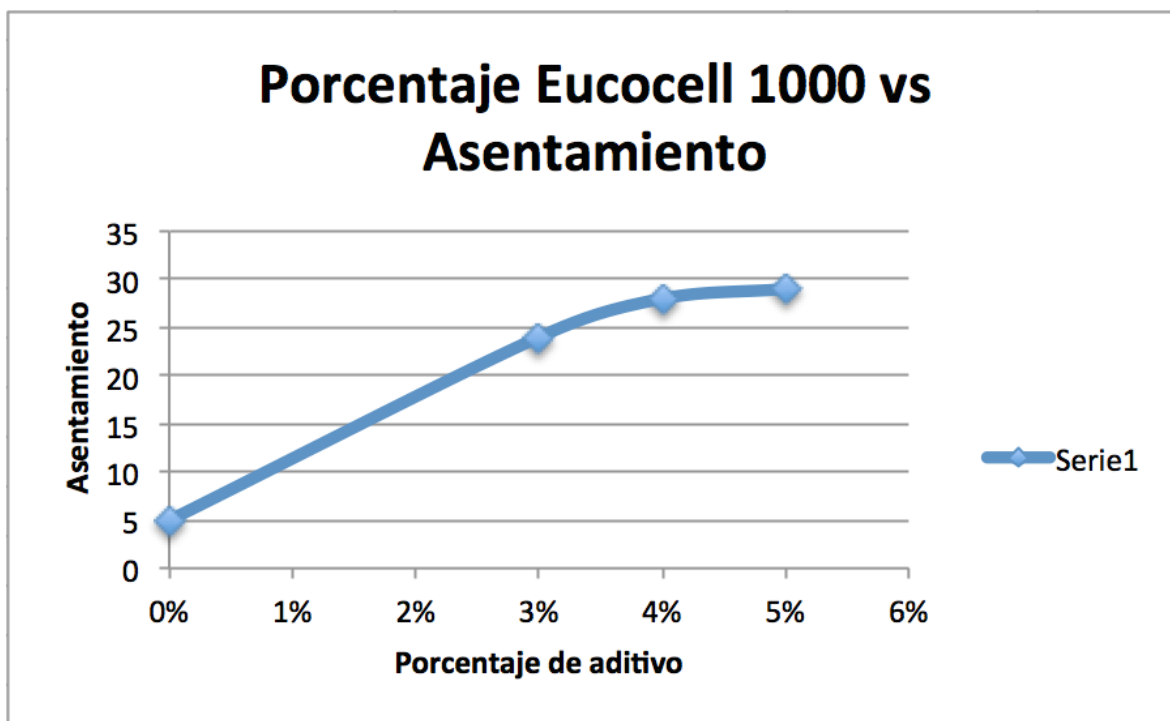


Ilustración 15: Ensayo de consistencia Porcentaje de aditivo Eucozell 1000 vs Asiento

Fuente: Autor

5.3. Resistencia a la compresión

En el ensayo de resistencia a la compresión se hicieron moldes para cada mortero celular que se estudia. Estos moldes se los probaron a los esfuerzos de compresión a los 7, 14 y 28 días después de haber sido fundidos.

Las mezclas 1:3 sin aditivo para el Euocell 200 dieron los siguientes resultados:

Resistencia media (7 días)= 98.17 kg/cm²

Resistencia media (14 días)= 130.9 kg/cm²

Resistencia media (28 días)= 143.54 kg/cm²

Las mezclas 1:3 sin aditivo para el Euocell 1000 dieron los siguientes resultados:

Resistencia media (7 días)= 85.86 kg/cm²

Resistencia media (14 días)= 110 kg/cm²

Resistencia media (28 días)= 121.2 kg/cm²

5.3.1. Resistencia a la compresión de mortero celular con Euocell 200

5.3.1.1 Resistencia a la compresión con Euocell 200 (2%)

Resistencia compresión morteros celulares					
Aditivo Euocell 200 (2%)					
7 días		14 días		28 días	
Carga Media	Resistencia Media(kg/cm ²)	Carga Media	Resistencia Media(kg/cm ²)	Carga Media	Resistencia Media(kg/cm ²)
1040	41.6	1380	55.2	1510	60.4

Tabla 21: Ensayo resistencia a la compresión Euocell 200 (2%)

Fuente: Autor

5.3.1.2. Resistencia a la compresión con Eucozell 200 (3%)

Resistencia compresión morteros celulares					
Aditivo Eucozell 200 (3%)					
7 días		14 días		28 días	
Carga Media	Resistencia Media(kg/cm ²)	Carga Media	Resistencia Media(kg/cm ²)	Carga Media	Resistencia Media(kg/cm ²)
940	37.6	1240	49.6	1350	54

Tabla 22: Ensayo resistencia a la compresión Eucozell 200 (3%)

Fuente: Autor

5.3.1.3. Resistencia a la compresión con Eucozell 200 (4%)

Resistencia compresión morteros celulares					
Aditivo Eucozell 200 (4%)					
7 días		14 días		28 días	
Carga Media	Resistencia Media(kg/cm ²)	Carga Media	Resistencia Media(kg/cm ²)	Carga Media	Resistencia Media(kg/cm ²)
720	28.8	970	38.8	1040	41.6

Tabla 23: Ensayo resistencia a la compresión Eucozell 200 (4%)

Fuente: Autor

5.3.1.4. Resistencia a la compresión con Eucozell 200 (5%)

Resistencia compresión morteros celulares					
Aditivo Eucozell 200 (5%)					
7 días		14 días		28 días	
Carga Media	Resistencia Media(kg/cm ²)	Carga Media	Resistencia Media(kg/cm ²)	Carga Media	Resistencia Media(kg/cm ²)
510	20.4	670	26.8	730	29.2

Tabla 24: Ensayo resistencia a la compresión Eucozell 200 (5%)

Fuente: Autor

5.3.1.5. Resistencia a la compresión con Eucozell 200 Resultados

Resistencia compresión Resultados comparados			
Aditivo Eucozell 200			
Porcentaje Eucozell 200	Resistencia (7 días) (kg/cm ²)	Resistencia (14 días) (kg/cm ²)	Resistencia (28 días) (kg/cm ²)
0%	98.17	130.9	143.6
2%	41.6	55.2	60.4
3%	37.6	49.6	54
4%	28.8	38.8	41.6
5%	20.4	26.8	29.2

Tabla 25: Analisis de resultados del ensayo resistencia a la compresión de mortero con Eucozell 200

Fuente: Autor

5.3.2. Resistencia a la compresión mortero celular con Eucozell 1000

5.3.2.1. Resistencia a la compresión con Eucozell 1000 (3%)

Resistencia compresión morteros celulares					
Aditivo Eucozell 1000 (3%)					
7 días		14 días		28 días	
Carga Media	Resistencia Media(kg/cm ²)	Carga Media	Resistencia Media(kg/cm ²)	Carga Media	Resistencia Media(kg/cm ²)
320	12.8	420	16.8	450	18

Tabla 26: Ensayo resistencia a la compresión Eucozell 1000 (3%)

Fuente: Autor

5.3.2.2. Resistencia a la compresión con Eucozell 1000 (4%)

Resistencia compresión morteros celulares					
Aditivo Eucozell 1000 (4%)					
7 días		14 días		28 días	
Carga Media	Resistencia Media(kg/cm ²)	Carga Media	Resistencia Media(kg/cm ²)	Carga Media	Resistencia Media(kg/cm ²)
270	10.8	360	14.4	380	15.2

Tabla 27: Ensayo resistencia a la compresión Eucozell 1000 (4%)

Fuente: Autor

5.3.2.3. Resistencia a la compresión con Eucozell 1000 (5%)

Resistencia compresión morteros celulares					
Aditivo Eucozell 1000 (5%)					
7 días		14 días		28 días	
Carga Media	Resistencia Media(kg/cm ²)	Carga Media	Resistencia Media(kg/cm ²)	Carga Media	Resistencia Media(kg/cm ²)
110	4.4	140	5.6	150	6

Tabla 28: Ensayo resistencia a la compresión Eucozell 1000 (5%)

Fuente: Autor

5.3.2.4. Resistencia a la compresión con Eucozell 1000 Resultados

Resistencia compresión Resultados comparados			
Aditivo Eucozell 1000			
Porcentaje Eucozell 1000	Resistencia (7 días) (kg/cm ²)	Resistencia (14 días) (kg/cm ²)	Resistencia (28 días) (kg/cm ²)
0%	85.17	130.9	143.54
3%	12.8	16.8	18
4%	10.8	14.4	15.2
5%	4.4	5.6	6

Tabla 29: Analisis de resultados del ensayo resistencia a la compresión de mortero con Eucozell 1000

Fuente: Autor

5.4. Resistencia a la Flexión

En el ensayo de resistencia a la Flexión se hicieron viguetas para cada mortero celular que se estudia. Estas viguetas se los probaron a los esfuerzos de flexión al día 28 después de haber sido fundidos.

La mezcla 1:3 sin aditivo para el Euocell 200 dio el siguiente resultado:

Resistencia media (28 días)= 25.65 kg/cm²

La mezcla 1:3 sin aditivo para el Euocell 1000 dio el siguiente resultado:

Resistencia media (28 días)= 23.12 kg/cm²

5.4.1. Resistencia a la Flexión mortero celular Euocell 200

5.4.1.1. Resistencia a la Flexión Euocell 200 (2%)

Resistencia a la flexión		
Aditivo Euocell 200		
% Euocell 200	Carga	Resistencia flexión (kg/cm ²)
2%	660	20.90

Tabla 30: Ensayo resistencia a la Flexión Euocell 200 (2%)

Fuente: Autor

5.4.1.2. Resistencia a la Flexión Euocell 200 (3%)

Resistencia a la flexión		
Aditivo Euocell 200		
% Euocell 200	Carga	Resistencia flexión (kg/cm ²)
3%	610	19.32

Tabla 31: Ensayo resistencia a la Flexión Euocell 200 (3%)

Fuente: Autor

5.4.1.3. Resistencia a la Flexión Euocell 200 (4%)

Resistencia a la flexión		
Aditivo Euocell 200		
% Euocell 200	Carga	Resistencia flexión (kg/cm ²)
4%	590	18.68

Tabla 32: Ensayo resistencia a la Flexión Euocell 200 (4%)

Fuente: Autor

5.4.1.4. Resistencia a la Flexión Euocell 200 (5%)

Resistencia a la flexion		
Aditivo Euocell 200		
% Euocell 200	Carga	Resistencia flexion (kg/cm ²)
5%	440	13.93

Tabla 33: Ensayo resistencia a la Flexión Euocell 200 (5%)

Fuente: Autor

5.4.1.5. Resistencia a la Flexión Euocell 200 Resultados

Resistencia a la flexión Mortero celular Comparación		
Aditivo Euocell 200		
% Euocell 200	Carga	Resistencia flexión (kg/cm ²)
0%	810	25.65
2%	660	20.90
3%	610	19.32
4%	590	18.68
5%	440	13.93

Tabla 34: Analisis de resultados del ensayo resistencia a la flexion Euocell 200

Fuente: Autor

5.4.2. Resistencia a la Flexión mortero celular Eucozell 1000

5.4.2.1. Resistencia a la Flexión Eucozell 1000 (3%)

Resistencia a la flexión		
Aditivo Eucozell 1000		
% Eucozell 1000	Carga	Resistencia flexión (kg/cm ²)
3%	280	8.87

Tabla 35: Ensayo resistencia a la Flexión Eucozell 1000 (3%)

Fuente: Autor

5.4.2.2. Resistencia a la Flexión Eucozell 1000 (4%)

Resistencia a la flexión		
Aditivo Eucozell 1000		
% Eucozell 1000	Carga	Resistencia flexión (kg/cm ²)
4%	230	7.28

Tabla 36: Ensayo resistencia a la Flexión Eucozell 1000 (4%)

Fuente: Autor

5.4.2.3. Resistencia a la Flexión Eucozell 1000 (5%)

Resistencia a la flexión		
Aditivo Eucozell 200		
% Eucozell 1000	Carga	Resistencia flexión (kg/cm ²)
5%	90	2.85

Tabla 37: Ensayo resistencia a la Flexión Eucozell 1000 (5%)

Fuente: Autor

5.4.2.4. Resistencia a la compresión Eucozell 1000 Resultados

Resistencia a la flexión Mortero celular		
Aditivo Eucozell 1000		
% Eucozell 1000	Carga	Resistencia flexión (kg/cm ²)
0%	730	23.12
3%	280	8.87
4%	230	7.28
5%	90	2.85

Tabla 38: Analisis de resultados del ensayo resistencia a la flexion Eucozell 1000

Fuente: Autor

5.5. Conducción de calor

El siguiente ensayo nos permite ver como el mortero celular conduce el calor a una temperatura de 500g. Las pruebas se hacen cada 15 minutos durante una hora.

5.5.1. Conducción de calor mortero celular Euocell 200

5.5.1.1. Conducción de calor Euocell 200 (3%)

Conducción de calor			
Euocell 200 (3%)			
Temperatura de Hornilla	Tiempo (min)	Temperatura en el lado expuesto al calor (grados)	Temperatura del lado contrario expuesto al calor (grados)
-	-	25.2	25.2
500	15	96.3	29.8
500	30	114.7	32.7
500	45	137	34.2
500	60	143.8	36.4

Tabla 39: Ensayo conducción de calor mortero celular Euocell 200 (3%)

Fuente: Autor

5.5.1.2. Conducción de calor Euocell 200 (4%)

Conducción de calor			
Euocell 200 (4%)			
Temperatura de Hornilla	Tiempo (min)	Temperatura en el lado expuesto al calor (grados)	Temperatura del lado contrario expuesto al calor (grados)
-	-	25.2	25.2
500	15	96.6	29.8
500	30	116	31.2
500	45	134.4	35.3
500	60	145.8	38.6

Tabla 40: Ensayo conducción de calor mortero celular Euocell 200 (4%)

Fuente: Autor

5.5.1.3. Conducción de calor Euocell 200 (5%)

Conducción de calor			
Euocell 200 (5%)			
Temperatura de Hornilla	Tiempo (min)	Temperatura en el lado expuesto al calor (grados)	Temperatura del lado contrario expuesto al calor (grados)
-	-	25.2	25.2
500	15	96.7	31.8
500	30	106.7	33.5
500	45	114.8	36.5
500	60	131.6	39.5

Tabla 41: Ensayo conducción de calor mortero celular Euocell 200 (5%)

Fuente: Autor

5.5.2. Conducción de calor mortero celular Euocell 1000

5.5.2.1. Conducción de calor Euocell 1000 (3%)

Conducción de calor			
Euocell 1000 (3%)			
Temperatura de Hornilla	Tiempo (min)	Temperatura en el lado expuesto al calor (grados)	Temperatura del lado contrario expuesto al calor (grados)
-	-	25.2	25.2
500	15	109.8	32.1
500	30	134.5	34.7
500	45	147.6	37.3
500	60	<165	38.6

Tabla 42: Ensayo conducción de calor mortero celular Euocell 1000 (3%)

Fuente: Autor

5.5.2.2. Conducción de calor Euocell 1000 (5%)

Conducción de calor			
Euocell 1000 (5%)			
Temperatura de Hornilla	Tiempo (min)	Temperatura en el lado expuesto al calor (grados)	Temperatura del lado contrario expuesto al calor (grados)
-	-	25.2	25.2
500	15	<165	33.6
500	30	<165	36.7
500	45	<165	42.2
500	60	<165	42.7

Tabla 43: Ensayo conducción de calor mortero celular Euocell 1000 (5%)

Fuente: Autor

5.6. Absorción

La prueba de absorción nos permite calcular cuanta agua absorbe el mortero celular

5.6.1. Absorción mortero celular Euocell 200

Euocell 200			
	Probeta Superficialmente Seca	Probeta Seca	Porcentaje de absorción
0%	297.68	264.54	11.13%
2%	274.84	241.00	12.31%
3%	259.77	226.40	12.85%
4%	243.78	211.67	13.17%
5%	219.24	189.08	13.76%

Tabla 44: Ensayo Absorción mortero celular Euocell 200

Fuente: Autor

5.6.2. Absorción mortero celular Euocell 1000

Euocell 1000			
	Probeta Superficialmente Seca	Probeta Seca	Porcentaje de absorción
0%	297.68	264.54	11.13%
3%	184.54	161.38	12.55%
4%	181.36	151.28	16.59%
5%	155.75	118.63	23.83%

Tabla 45: Ensayo Absorción mortero celular Euocell 1000

Fuente: Autor

5.7. Comparación Resistencia a la compresión vs resistencias a la flexión

5.7.1. Comparación Resistencia a la compresión vs resistencias a la flexión con aditivo Euocell 200

Resistencia compresión vs Flexión			
Aditivo Euocell 200			
Porcentaje Euocell 200	Compresión (28 días)	Flexión (28 días)	Comparación
0%	143.6	25.65	17.86%
2%	60.4	20.90	34.60%
3%	54	19.32	35.77%
4%	41.6	18.68	44.91%
5%	29.2	13.93	47.72%

Tabla 46: Comparación Resistencia a la compresión vs resistencias a la flexión con aditivo Euocell 200

5.7.1. Comparación Resistencia a la compresión vs resistencias a la flexión con aditivo Eucozell 1000

Resistencia compresión vs Flexión			
Aditivo Eucozell 1000			
Porcentaje Eucozell 1000	Compresión(28 días)	Flexión (28 días)	Comparación
0%	132.6	23.12	17.43%
3%	18	8.87	49.26%
4%	15.2	7.28	47.89%
5%	6	2.85	47.50%

Tabla 47: Comparación Resistencia a la compresión vs resistencias a la flexión con aditivo Eucozell 1000

CAPITULO 6: ANALISIS DE RESULTADOS

6.1. Análisis de las dosificaciones

6.1.1. Análisis muestras de mortero celular con Euco cell 200

Análisis de resultados	
Euco cell 200 (2%)	
Ensayo	Resultados
Densidad (kg/m ³)	1946.67
Consistencia (cm)	14
Resistencia compresión (kg/cm ²)	60
Resistencia Flexión (kg/cm ²)	20.9
Absorción (%)	12.31

Análisis de resultados	
Euco cell 200 (3%)	
Ensayo	Resultados
Densidad (kg/m ³)	1850.67
Consistencia (cm)	16
Resistencia compresión (kg/cm ²)	54
Resistencia Flexión (kg/cm ²)	19.32
Absorción (%)	12.85

Análisis de resultados	
Euco cell 200 (4%)	
Ensayo	Resultados
Densidad (kg/m ³)	1749.33
Consistencia (cm)	19
Resistencia compresión (kg/cm ²)	41.6
Resistencia Flexión (kg/cm ²)	18.68
Absorción (%)	13.17

Análisis de resultados	
Euco cell 200 (5%)	
Ensayo	Resultados
Densidad (kg/m ³)	1624
Consistencia (cm)	21
Resistencia compresión (kg/cm ²)	29.2
Resistencia Flexión (kg/cm ²)	13.93
Absorción (%)	13.76

6.1.2. Análisis muestras de mortero celular con Eucozell 1000

Análisis de resultados	
Eucozell 1000 (3%)	
Ensayo	Resultados
Densidad (kg/m ³)	1350.67
Consistencia (cm)	24
Resistencia compresión (kg/cm ²)	18
Resistencia Flexión (kg/cm ²)	8.87
Absorción (%)	12.55

Análisis de resultados	
Eucozell 1000 (4%)	
Ensayo	Resultados
Densidad (kg/m ³)	1244
Consistencia (cm)	28
Resistencia compresión (kg/cm ²)	15.2
Resistencia Flexión (kg/cm ²)	7.28
Absorción (%)	16.59

Análisis de resultados	
Eucozell 1000 (5%)	
Ensayo	Resultados
Densidad (kg/m ³)	994.67
Consistencia (cm)	29
Resistencia compresión (kg/cm ²)	6
Resistencia Flexión (kg/cm ²)	2.85
Absorción (%)	23.83

6.2. Resultados

Analizando los resultados obtenemos que las muestras con Eucozell 200 dan mejores resistencias a compresión y flexión que las dosificaciones con Eucozell 1000. Mientras que las muestras con el 1000 nos brindan mejores resultados a consistencia. Los dos aditivos trabajan similar según las pruebas de fuego y las que tienen Eucozell 1000, tienen mayor absorción debido a la cantidad de aire dentro de este.

En las muestras de mortero celular con Euocell 200 obtenemos que mientras mas producto esta posee, la trabajabilidad será mayor pero la resistencia a flexión y tensión será menor. La mezcla con Euocell 200 (2%) funciona para lugares donde se necesiten resistencias a la compresión de 60 kg/cm² y con fluidez media. Mientras la muestra con Euocell 200 (5%) funciona para lugares donde necesitemos resistencias a la compresión de 30 kg/cm² y una mayor fluidez.

Mientras que las muestras de mortero celular con Euocell 1000 obtenemos que los resultados son mas extremos, tienen propiedades exageradas a las cuales se hace difícil darles un uso. Las resistencias a flexión y compresión son bajas y la trabajabilidad de este es mucho mayor debido a que la espuma logra que el mortero se vuelva liquido.

Una de las propiedades positivas de este material encontradas por los ensayos, es que el material es altamente dúctil debido a que consigue resistencias elevadas a flexión. En el caso del mortero celular con Euocell 200 la resistencia a flexión va desde el 34% al 47% de la resistencia a compresión, mientras en el caso del Euocell 1000 este porcentaje va desde el 47% al 49%.

En los morteros celulares podemos ver que la resistencia va directamente relacionada al proporcionamiento del aditivo, al igual que la consistencia y la densidad.

CAPITULO 7: APLICACIÓN DEL MORTERO CELULAR

El mortero celular puede tener múltiples aplicaciones: relleno fluido, reparación de fisuras, bloques, relleno de zanjas. Todos los ejemplos de los usos para relleno fluido están aceptados por la norma ACI 229R-99 ya que permite resistencias de 2.8 a 8.0 MPA.

7.1. Relleno fluido

La principal aplicación del mortero celular es como relleno fluido, ya que este puede reemplazar un material granular o simplemente el suelo. Debido a que se obtiene por medio de mezclas muy fluidas estos no necesitan compactación. Estos son muy usados en obras donde no se puede utilizar el relleno convencional, debido a que la compactación puede crear dificultades. En lugares donde se necesitan rellenos mas ligeros donde se deba evitar el aumento del peso propio se puede utilizar el concreto celular, ya que posee baja densidad. Cabe recalcar que posee excelentes resistencias al calor.

El mortero celular cumple las resistencias aceptadas para rellenos celulares que van desde 80kg/cm² hasta 3kg/cm².

Existen algunos casos donde se ha usado relleno convencional, cuando se lo puede reemplazar por relleno fluido. Como por ejemplo:

- Una mala compactación
- Desplomes laterales por zanjas abiertas creando huecos, muchas veces es complicado compactarlo completamente.
- Materiales de relleno inadecuados, muchas veces los rellenos no son aptos y estos son difíciles de compactar.
- Compactar rellenos por encima donde pasan tuberías muchas veces hacen que estas se deformen o se rompan



Ilustración 16: Hundimiento de calzada y acera

Fuente: (Ieca, 2013)

En esta imagen podemos ver un hundimiento de calzada y acera. Esto sucede cuando existe una mala ejecución de rellenos en zanjas

Debido a estos problemas obtenemos las siguientes consecuencias:

- Reducción de la vida de la obra
- Posibles roturas
- Asientos a largo plazo
- Irregularidades en las superficies
- Continuos costos de mantenimiento y conservación
- Mal aspecto del pavimento

7.1.1. Rellenos no estructurales

En obra siempre se necesita hacer zanjas y pequeñas obras de excavación donde luego tendrá que rellenarse. El mortero celular funciona para rellenar estos lugares con mayor facilidad y rapidez. Esta mezcla no necesita ser compactada por lo que se pueden hacer excavaciones mas reducidas. Es optimo para lugares donde el uso de compactadores se dificulte y se requiera de un suelo auto nivelado. El uso de maquinarias es mas reducido y el transporte del material es mas sencillo. Se facilita la trabajabilidad.

También puede ser usado para rellenos sobre estructuras subterráneas como garajes para alcanzar la cota deseada.

Dosificación sugerida es Mortero celular con EucoCell 200 (5%)



Ilustración 17: Relleno de zanja mediante mortero celular

Fuente: (Construdata, 2012)

En esta imagen podemos apreciar el uso de mortero celular para reemplazar el relleno convencional en zanjas.

7.1.2. Rellenos estructurales

El relleno fluido debido a que puede tener resistencias a la compresión hasta los 80 kg/cm² puede ser usado como capa de regularización bajo cimentaciones, esto depende de los diseños de la construcción. Este material fluido puede proporcionar una superficie bien nivelada y uniforme lo que ayuda a las excavaciones con terminaciones irregulares.

Para el uso como capa firme en la construcción este material funciona. Pueden ser usados en subbases debido a que las resistencias se lo permiten y ser aplicados como bases pero únicamente para tráfico ligero.

Dosificación sugerida es Mortero celular con Eucocell 200 (2%)



Ilustración 18: Relleno fluido

Fuente: (Moctezuma, 2013)

7.1.3. Camas de conducción

El mortero celular debido a sus propiedades es excelente para todo tipo de tuberías de conducciones como agua, electricidad, teléfono y gas. Esta mezcla ayuda como cama de apoyo de tuberías o si se desea se puede envolverlas en su totalidad. Estos proporcionan un soporte uniforme debido a que pueden rellenar huecos bajo los tubos, los cuales sería imposible rellena con relleno convencional. Se pueden evitar las socavaciones debido a que alcanza resistencias requeridas.

En caso de que vayan a existir excavaciones futuras, el relleno fluido puede envolver por completo las conducciones y protegerlas de daños. También puede servir como alerta de que existen tuberías, debido a que el material a la vista es diferente.

Dosificación sugerida es Mortero celular con Eucocell 200 (5%)

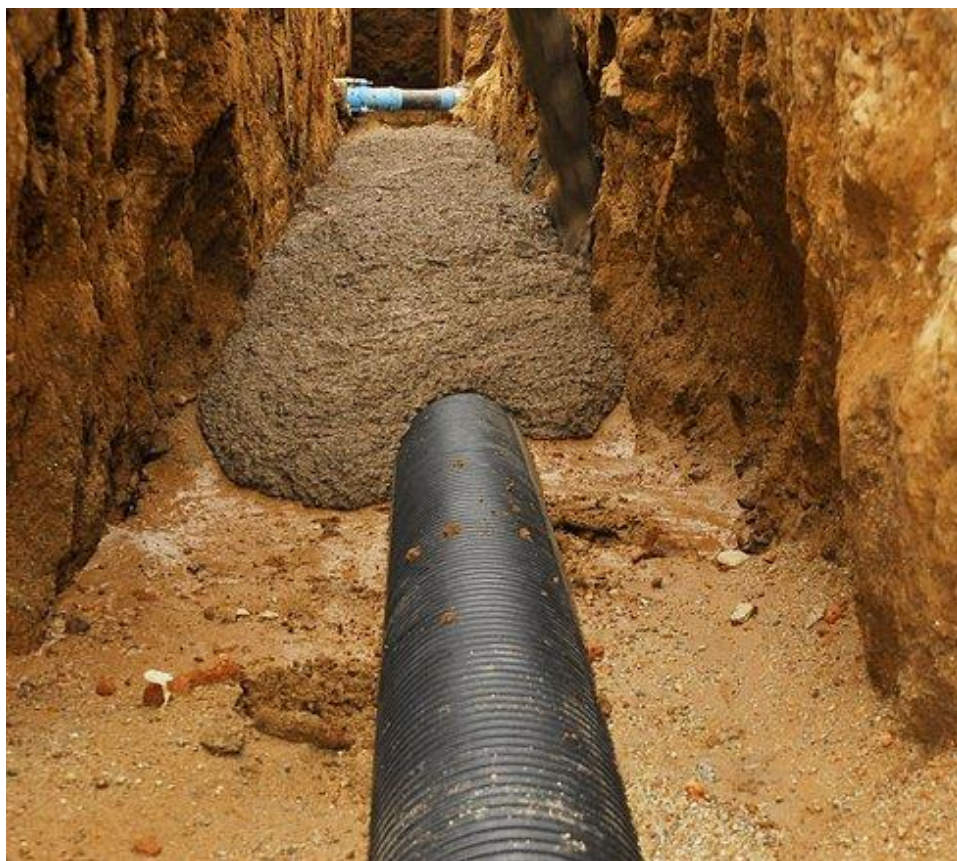


Ilustración 19: Relleno de zanja tuberías mediante mortero celular

Fuente: (Plataformaarquitectura)

7.1.4. Control de erosión e inyección

El relleno fluido debido a sus cualidades físicas tiene mayor resistencia a la erosión comparado con otro tipo de rellenos convencionales o granulares. Estos pueden servir como rellenos o colchones, en caso de que se quiera proteger taludes en zonas costeras. Este material puede ayudar como estribo cerca del mar y cause de efluentes de río.

También pueden funcionar como inyección de relleno cuando ha ocurrido un hueco en el suelo.

Dosificación sugerida es Mortero celular con EucoCell 200 (3%)



Ilustración 20: Inyección relleno fluido

Fuente: (Construdata, 2012)

7.2. Bloques de mortero celular

Se han desarrollado bloques de mortero celular en Europa desde hace algunos años. Estos bloques poseen las resistencias aceptadas por la norma de 40 y 60 kg/cm². Se elaboran mediante la preparación del mortero alveolar y se rellena en los moldes de los bloques.

La principal ventaja de estos bloques es su aislamiento térmico, lo cual en muchos países es necesario. Debido a la composición estos bloques son más dúctiles, es decir que pueden mejorar la deformación sin romperse lo que crea una mampostería sísmo resistente.

Dosificación sugerida es Mortero celular con EucoCell 200 (2% y 4%)



Ilustración 21: Bloque mortero celular

Fuente: (Blasco)

CAPITULO 8: COSTO DEL MORTERO CELULAR VS APLICACIÓN CONVENCIONAL

8.1 El costo del mortero celular

El costo del mortero celular por m3 elaborado es mas alto que los métodos convencionales. Lo que sabemos de este material como relleno fluido es que se puede aplicar en lugares donde rellenos granulares no funcionen o no se puedan compactar.

8.2. Costo relleno Zanja con cascajo clasificado vs Relleno Fluido (5% Euocell 200)

Relleno de Zanja con cascajo clasificado						
Materiales						
Item	Unidad	Prec. Unitario	Cantidad	Total Unitario		
Agua	m3	\$ 6.00	0.15	\$ 0.90		
Cascajo (incluye transporte)	m3	\$ 12.29	1.3	\$ 15.98		
Densidad de campo	Global	\$ 12.00	0.01	\$ 0.12		
Subtotal				\$ 17.00		
Equipos						
Item	Unidad	Prec. Unitario	Rendimineto	Total Unitario		
Retroescavadora	hora	\$ 30.00	0.1	\$ 3.00		
Compactador	hora	\$ 4.00	0.1	\$ 0.40		
Subtotal				\$ 3.40		
Mano de obra						
Item	Cantidad	Jornal	F/S Real	Jornal Real	Rendimiento	Total Unit.
Peon	2	\$ 12.00	2.1	\$ 50.40	10	\$ 5.04
Maestro mayor	1	\$ 26.66	2.1	\$ 55.99	30	\$ 1.87
Maquinista compactador	1	\$ 20.00	2.1	\$ 42.00	30	\$ 1.40
Subtotal						\$ 8.31
		Costo directo	\$ 28.70			

Tabla 48: Costo relleno Zanja con cascajo granular

Fuente: Autor

Relleno zanja con mortero celular Euocell 200 (5%)						
Materiales						
Item	Unidad	Prec. Unitario	Cantidad	Rendimiento	Precio total	
Cemento	m3	\$ 465.00	0.191	1.26	\$ 70.49	
Arena	m3	\$ 12.00	0.811	1.26	\$ 7.72	
Agua	litro	\$ 0.01	303	1.26	\$ 2.40	
Euocell 200 (5%)	kg	\$ 1.45	29.75	1.26	\$ 34.24	
Subtotal					\$ 114.85	
Equipos						
Item	Unidad	Prec. Unitario	Rendimiento	Total Unitario		
Concreteira	Hora	\$ 3.12	0.5	\$ 1.56		
Compresor	Hora	\$ 1.00	0.5	\$ 0.50		
Subtotal				\$ 2.06		
Mano de obra						
Item	Cantidad	Jornal	F/S Real	Jornal Real	Rendimiento	Total Unit.
Peon	1	\$ 12.00	2.1	\$ 25.20	8	\$ 3.15
Maestro mayor	1	\$ 26.66	2.1	\$ 55.99	80	\$ 0.70
Maquinista concreteira	1	\$ 20.00	2.1	\$ 42.00	8	\$ 5.25
Subtotal						\$ 9.10
		Costo directo	\$ 126.01	m3		

Tabla 49: Costo relleno Zanja con mortero celular Euocell 200 (5%)

Fuente: Autor

Se analiza el costo de la zanja vs el mortero celular con Euocell 200 (2%) por que la resistencia del relleno bueno granular compactado y resistente, posee una resistencia de 20 a 30 kg/cm², mientras que el mortero celular con la dosificación escogida llega a resistencia de 30 kg/cm² a los 28 días. Por ende las resistencias de los materiales son las mismas.

8.3. Costo Inyección con mortero celular (Eucozell 200 2%)

En este caso no existe manera de inyectar y compactar con relleno granular, por ende el relleno fluido es la mejor opción.

Inyeccion con mortero celular Eucozell 200 (2%)						
Materiales						
Item	Unidad	Prec. Unitario	Cantidad	Rendimiento	Precio total	
Cemento	m3	\$ 465.00	0.191	1.08	\$ 82.24	
Arena	m3	\$ 12.00	0.811	1.08	\$ 9.01	
Agua	litro	\$ 0.01	303	1.08	\$ 2.81	
Eucozell 200 (2%)	kg	\$ 1.45	11.9	1.08	\$ 15.98	
Subtotal					\$ 110.03	
Equipos						
Item	Unidad	Prec. Unitario	Rendimiento	Total Unitario		
Concretera	Hora	\$ 3.12	0.5	\$ 1.56		
Compresor	Hora	\$ 1.00	0.5	\$ 0.50		
Bomba Hormigon	m3	\$ 10.00	1	\$ 10.00		
Subtotal				\$ 12.06		
Mano de obra						
Item	Cantidad	Jornal	F/S Real	Jornal Real	Rendimiento	Total Unit.
Peon	2	\$ 12.00	2.1	\$ 50.40	8	\$ 6.30
Maestro mayor	1	\$ 26.66	2.1	\$ 55.99	80	\$ 0.70
Maquinista Bomba/concretera	1	\$ 20.00	2.1	\$ 42.00	8	\$ 5.25
Subtotal						\$ 12.25
			Costo directo	\$ 134.34	m3	

Tabla 50: Costo inyección mortero celular Eucozell 200 (2%)

Fuente: Autor

8.4. Costo bloques con mortero celular

El costo del bloque tradicional de 7 cm, el cual se vende en Disensa es de 0.47 ctvos

8.4.1. Costo bloque mortero celular con Euocell 200 (2%)

Resistencia: 60.4 kg/cm²

Bloque mortero celular						
Materiales						
Item	Unidad	Prec. Unitario	Cantidad	Rendimiento	Precio total	
Cemento	m ³	\$ 465.00	0.191	1.081	\$ 82.16	
Arena	m ³	\$ 12.00	0.811	1.081	\$ 9.00	
Agua	litro	\$ 0.01	303	1.081	\$ 2.80	
Euocell 200 (2%)	kg	\$ 1.45	11.9	1.081	\$ 15.96	
Subtotal					\$ 109.93	
Equipos						
Item	Unidad	Prec. Unitario	Rendimiento	Total Unitario		
Concreteira	Hora	\$ 3.12	0.016	\$ 0.05		
Compresor	Hora	\$ 1.00	0.016	\$ 0.02		
Subtotal				\$ 0.07		
Mano de obra						
Item	Cantidad	Jornal	F/S Real	Jornal Real	Rendimiento	Total Unit.
Peon	1	\$ 12.00	2.1	\$ 25.20	500	\$ 0.05
Maestro mayor	1	\$ 26.66	2.1	\$ 55.99	500	\$ 0.11
Subtotal						\$ 0.16
		Costo directo	\$ 110.16	m ³		
		Costo por bloque	\$ 0.40			

Tabla 51: Costo bloque mortero celular Euocell 200 (2%)

Fuente: Autor

8.4.2. Costo bloque mortero celular con Euocell 200 (4%)

Resistencia: 41.6 kg/cm²

Bloque mortero celular						
Materiales						
Item	Unidad	Prec. Unitario	Cantidad	Rendimiento	Precio total	
Cemento	m ³	\$ 465.00	0.191	1.174	\$ 75.65	
Arena	m ³	\$ 12.00	0.811	1.174	\$ 8.29	
Agua	litro	\$ 0.01	303	1.174	\$ 2.58	
Euocell 200 (4%)	kg	\$ 1.45	23.8	1.174	\$ 29.40	
Subtotal					\$ 115.92	
Equipos						
Item	Unidad	Prec. Unitario	Rendimiento	Total Unitario		
Concreteira	Hora	\$ 3.12	0.016	\$ 0.05		
Compresor	Hora	\$ 1.00	0.016	\$ 0.02		
Subtotal				\$ 0.07		
Mano de obra						
Item	Cantidad	Jornal	F/S Real	Jornal Real	Rendimiento	Total Unit.
Peon	1	\$ 12.00	2.1	\$ 25.20	500	\$ 0.05
Maestro mayor	1	\$ 26.66	2.1	\$ 55.99	500	\$ 0.11
Subtotal						\$ 0.16
		Costo directo	\$ 116.15	m ³		
		Costo por bloque	\$ 0.42			

Tabla 52: Costo bloque mortero celular Euocell 200 (4%)

Fuente: Autor

8.5. Comparación costos mortero tradicional vs mortero celular con Euocell 200 (5% y 2%)

7.5.1. Costo mortero tradicional

Costo mortero convencional						
Materiales						
Item	Unidad	Prec. Unitario	Cantidad	Rendimiento	Precio total	
Cemento	m3	\$ 465.00	0.191	1	\$ 88.82	
Arena	m3	\$ 12.00	0.811	1	\$ 9.73	
Agua	litro	\$ 0.01	303	1	\$ 3.03	
Subtotal					\$ 101.58	
Equipos						
Item	Unidad	Prec. Unitario	Rendimiento	Total Unitario		
Concreteira	Hora	\$ 3.12	0.5	\$ 1.56		
Vibrador	Hora	\$ 3.12	0.5	\$ 1.56		
Subtotal				\$ 3.12		
Mano de obra						
Item	Cantidad	Jornal	F/S Real	Jornal Real	Rendimiento	Total Unit.
Peon	1	\$ 12.00	2.1	\$ 25.20	8	\$ 3.15
Maestro mayor	1	\$ 26.66	2.1	\$ 55.99	80	\$ 0.70
Maquinista Concreteira	1	\$ 20.00	2.1	\$ 42.00	8	\$ 5.25
Subtotal						\$ 9.10
		Costo directo	\$ 113.80	m3		

Tabla 53: Costo mortero convencional

Fuente: Autor

8.5.2. Mortero celular con Euocell 200 (5%)

Costo mortero celular con mayor cantidad aditivo Euocell 200 (5%)						
Materiales						
Item	Unidad	Prec. Unitario	Cantidad	Rendimiento	Precio total	
Cemento	m3	\$ 465.00	0.191	1.26	\$ 70.49	
Arena	m3	\$ 12.00	0.811	1.26	\$ 7.72	
Agua	litro	\$ 0.01	303	1.26	\$ 2.40	
Euocell 200 (5%)	kg	\$ 1.45	29.75	1.26	\$ 34.24	
Subtotal					\$ 114.85	
Equipos						
Item	Unidad	Prec. Unitario	Rendimiento	Total Unitario		
Concreteira	Hora	\$ 3.12	0.5	\$ 1.56		
Compresor	Hora	\$ 1.00	0.5	\$ 0.50		
Subtotal				\$ 2.06		
Mano de obra						
Item	Cantidad	Jornal	F/S Real	Jornal Real	Rendimiento	Total Unit.
Peon	1	\$ 12.00	2.1	\$ 25.20	8	\$ 3.15
Maestro mayor	1	\$ 26.66	2.1	\$ 55.99	80	\$ 0.70
Maquinista concreteira	1	\$ 20.00	2.1	\$ 42.00	8	\$ 5.25
Subtotal						\$ 9.10
		Costo directo	\$ 126.01	m3		

Tabla 54: Costo mortero celular Euocell 200 (5%)

Fuente: Autor

8.5.3. Mortero celular con Euocell 200 (2%)

Costo mortero celular con menor cantidad aditivo Euocell 200 (2%)						
Materiales						
Item	Unidad	Prec. Unitario	Cantidad	Rendimiento	Precio total	
Cemento	m3	\$ 465.00	0.191	1.08	\$ 82.24	
Arena	m3	\$ 12.00	0.811	1.08	\$ 9.01	
Agua	litro	\$ 0.01	303	1.08	\$ 2.81	
Euocell 200 (2%)	kg	\$ 1.45	11.9	1.08	\$ 15.98	
Subtotal					\$ 110.03	
Equipos						
Item	Unidad	Prec. Unitario	Rendimiento	Total Unitario		
Concreteira	Hora	\$ 3.12	0.5	\$ 1.56		
Compresor	Hora	\$ 1.00	0.5	\$ 0.50		
Subtotal				\$ 2.06		
Mano de obra						
Item	Cantidad	Jornal	F/S Real	Jornal Real	Rendimiento	Total Unit.
Peon	1	\$ 12.00	2.1	\$ 25.20	8	\$ 3.15
Maestro mayor	1	\$ 26.66	2.1	\$ 55.99	80	\$ 0.70
Maquinista concreteira	1	\$ 20.00	2.1	\$ 42.00	8	\$ 5.25
Subtotal						\$ 9.10
		Costo directo	\$ 121.19	m3		

Tabla 55: Costo mortero celular Euocell 200 (2%)

Fuente: Autor

**CAPITULO 9: COMPARACIÓN MORTERO CELULAR VS
HORMIGÓN LIVIANO CON PIEDRA PÓMEZ**

9.1. Comparación del mortero celular vs hormigón piedra pómez

El hormigón con piedra pómez es una mezcla en la cual se reemplaza el agregado grueso por piedra pómez. También se lo conoce como hormigón liviano debido a que el uso de este agregado ayuda a reducir densidad.

Para este estudio trabajaremos con la proporción: 1.1:1.8:4 para hormigón liviano con piedra pómez y para el mortero celular con Eucozell 200 (2%)

9.1.1. Comparación de resistencias a la compresión del mortero celular con Eucozell 200 (2%) vs hormigón con piedra pómez 1,1:1,8:4

Comparación de resistencias a la compresión del mortero celular con Eucozell 200 (2%) vs hormigón con piedra pómez 1,1:1,8:4			
Días	Mortero Celular Resistencias (kg/cm ²)	Hormigón con piedra pómez resistencias(kg/cm ²)	Porcentaje diferencia resistencias
7 días	41.6	34.14	
14 días	55.2	46.75	
28 días	60.4	71.71	-15.77%

Tabla 56: Comparación resistencia a la compresión del mortero celular vs Hormigón con piedra pómez

Fuente: Autor y los datos del hormigón con piedra pómez de (Tacuri, 2015)

9.1.2. Comparación de Resistencias a la flexión del mortero celular con Eucozell 200 (2%) vs hormigón con piedra pómez 1,1:1,8:4

Comparación de Resistencias a la flexión del mortero celular con Eucozell 200 (2%) vs hormigón con piedra pómez 1,1:1,8:4			
Días	Mortero Celular Resistencias (kg/cm ²)	Hormigón con piedra pómez resistencias(kg/cm ²)	Porcentaje diferencia resistencias
28 días	20.9	23.43	-10.80%

Tabla 57: Comparación resistencia a la flexión del mortero celular vs Hormigón con piedra pómez

Fuente: Autor y los datos del hormigón con piedra pómez de (Tacuri, 2015)

9.1.3. Comparación de la densidad y consistencia del mortero celular con Euocell 200 (2%) vs hormigón con piedra pómez 1,1:1,8:4

Comparación de la densidad y consistencia del mortero celular con Euocell 200 (2%) vs hormigón con piedra pómez 1,1:1,8:4		
	Densidad (kg/cm ³)	Consistencia (Cono de abrams)
Hormigón piedra pómez	1430	3 cm
Mortero celular	1946.67	14 cm

Tabla 58: Comparación de la densidad y consistencia del mortero celular vs Hormigón con piedra pómez

Fuente: Autor y los datos del hormigón con piedra pómez de (Tacuri, 2015)

CAPITULO 10: ANALISIS HORMIGON CELULAR

Hormigón celular

En la investigación se hicieron unas pruebas extras sobre el uso de espuma en un hormigón de resistencia 290kg/cm². Se elaboraron cilindros con el fin de hacer la misma cantidad de pruebas que se hicieron con el mortero celular.

10.1. Material

Se trabajo el diseño con los mismos materiales con los que se trabajo el mortero celular, es decir con Arena homogenizada cantera CanVer, Cemento GU Holcim y agua. Al diseño se le agrego piedra $\frac{3}{4}$ de Disensa.

10.2. Aditivos

Se realizaron dos muestras de hormigón, la primera incluyendo el 1% de Euocell 200 y la segunda incluyendo el 0.08% de Euocell 1000.

10.3. Diseño de hormigón

DISEÑO DE HORMIGON					
Resistencia a la compresión f'c (k/cm²):		290			
Revenimiento pedido:		10 cm			
AGREGADO GRUESO	T.Máx.= 3/4 "		AGREGADO FINO		
P.V.V. =	1497	k / m ³	P-V.S. =	1350	k / m ³
P.V.S. =	1366	k / m ³	Ds.s.s. =	2000	k / m ³
D.s.s.s.=	1550	k / m ³	M.F. =	3	
Absorción =	1.52	%	Absorción =	2.2	%
Abs.real =	1.72	%	Abs.real =	2.4	%
a/c =	0.5				
Agua (litros)	205		cemento (k/m ³):	426.892	# sacos /m ³ : 8.538
Aire (%):	2		Coefficiente V.A.G.C.:	0.59	
V.Total de agua:	213.45				
VOLUMEN PARA 1 m³ DE HORMIGON			PESO EN KG. PARA 1 m³ DE HORMIGON		
CEMENTO	0.136	1.101798942	CEMENTO:	426.89	kg.
AGUA:	0.213	1.735333333	AGUA:	213.45	kg.
PIEDRA:	0.57	4.632730134	ARENA:	504.83	kg.
AIRE:	0.02	m ³	PIEDRA:	586.86	kg.
ARENA:	0.061	m ³		1732.025	
P+A:	0.631	hg	0.252	mín. de arena	
Piedra:	0.379				
PESO EN KG. PARA 1 SACO DE CEMENTO			VOLUMEN SUELTO		
CEMENTO:	50	1/4	ARENA:	0.0438	m ³
AGUA:	20	5	PIEDRA:	0.0503	m ³
ARENA:	59.128	14.782			
PIEDRA:	68.736	17.1841	GRAMOS		

Tabla 59: Diseño hormigón f'c: 290 kg/cm²

Fuente: Diseño Uees

10.4. Densidad del hormigón celular

La densidad media del hormigón de fc: 290 kg/cm² es 2119.93 kg/m³

10.4.1. Densidad Hormigón celular Eucozell 200

Densidad Hormigones celulares			
Aditivo Eucozell 200			
Porcentaje Eucozell 200	Peso (gramos)	Volumen	Densidad kg/m ³
1%	3088	1570.8	1965.88
	3014	1570.8	1918.77
	3022	1570.8	1923.86
	3074	1570.8	1956.96
	3067	1570.8	1952.51
	3083	1570.8	1962.69

Media Peso	3058.00	Gramos
Media Densidad	1946.78	Kg/m ³

Tabla 60: Densidad hormigón celular Eucozell 200

Fuente: Autor

10.4.2. Densidad Hormigón celular Eucozell 1000

Densidad Hormigones celulares			
Aditivo Eucozell 1000			
Porcentaje Eucozell 1000	Peso (gramos)	Volumen	Densidad kg/m ³
0.08%	2878	1570.8	1832.19
	2779	1570.8	1769.16
	2811	1570.8	1789.53
	2787	1570.8	1774.26
	2794	1570.8	1778.71
	2856	1570.8	1818.18

Media Peso	2817.50	Gramos
Media Densidad	1793.67	Kg/m ³

Tabla 61: Densidad hormigón celular Eucozell 1000

Fuente: Autor

10.5. Ensayo de consistencia Hormigón celular (Cono de Abrams)

10.5.1. Ensayo de consistencia Hormigón celular (Eucozell 200)

Pruebas de consistencia (Cono de Abrams)	
Mortero celular Eucozell 200	
Porcentaje aditivo	Asentamiento (cm)
0%	8
1%	13

Tabla 62: Ensayo de consistencia Hormigón Celular Eucozell 200

Fuente: Autor

10.5.2. Ensayo de consistencia Hormigón celular (Eucozell 1000)

Pruebas de consistencia (Cono de Abrams)	
Mortero celular Eucozell 1000	
Porcentaje aditivo	Asentamiento (cm)
0%	8
0.08%	14.5

Tabla 63: Ensayo de consistencia Hormigón Celular Eucozell 1000

Fuente: Autor

10.6. Ensayos resistencia a compresión Hormigón celular

10.6.1. Ensayos a compresión Hormigón celular con Eucozell 200

Resistencia a compresión hormigón celular						
Eucozell 200						
% Eucozell 200	7 Días		14 Días		28 Días	
	Carga (kg)	Resistencia kg/cm ²	Carga (kg)	Resistencia kg/cm ²	Carga (kg)	Resistencia kg/cm ²
0%	12340	157.12	16860	214.67	21860	278.33
	12830	163.36	17120	217.98	21960	279.60
1%	2050	26.10	3730	47.49	4680	59.59
	2120	26.99	3810	48.51	4790	60.99

Tabla 64: Ensayo Resistencia Hormigón celular Eucozell 200

Fuente: Autor

10.6.2. Ensayos a compresión Hormigón celular con Eucozell 1000

Resistencia a compresión hormigón celular						
Eucozell 1000						
	7 Días		14 Días		28 Días	
% Eucozell 1000	Carga (kg)	Resistencia kg/cm ²	Carga (kg)	Resistencia kg/cm ²	Carga (kg)	Resistencia kg/cm ²
0%	12340	157.12	16860	214.67	21860	278.33
	12830	163.36	17120	217.98	21960	279.60
0.08%	1230	15.66	1810	23.05	2210	28.14
	950	12.10	1890	24.06	2070	26.36

Tabla 65: Ensayo Resistencia Hormigón celular Eucozell 1000

Fuente: Autor

10.7. Ensayo resistencia a la flexión Hormigón celular

10.7.1. Ensayos de flexión Hormigón celular Eucozell 200

Resistencia a la flexión Hormigón celular		
Aditivo Eucozell 200		
% Eucozell 200	Carga	Resistencia flexión (kg/cm ²)
1%	580	18.37

Tabla 66: Ensayo Flexión Hormigón celular Eucozell 200

Fuente: Autor

10.7.2. Ensayos a flexión Hormigón celular Eucozell 1000

Resistencia a la flexión Hormigón celular		
Aditivo Eucozell 1000		
% Eucozell 1000	Carga	Resistencia flexión (kg/cm ²)
0.08%	420	13.30

Tabla 67: Ensayo Flexión Hormigón celular Eucozell 1000

Fuente: Autor

10.8. Ensayo conducción de calor Hormigón celular

10.8.1. Ensayo conducción de calor Hormigón celular Eucozell 200

Conducción de calor Hormigon			
Eucozell 200 (1%)			
Temperatura de Hornilla	Tiempo (min)	Temperatura en el lado expuesto al calor (grados)	Temperatura del lado contrario expuesto al calor (calor grados)
-	-	25.2	25.2
500	15	106.9	29.6
500	30	120.3	32.6
500	45	132.6	35.4
500	60	144.7	38.6

Tabla 68: Ensayo conducción de calor Hormigón celular Eucozell 200

Fuente: Autor

10.9. Ensayo absorción Hormigón celular

10.9.1. Ensayo absorción Hormigón celular Eucozell 200

Ensayo absorción Hormigón con Eucozell 200			
	Probeta Superficialmente Seca	Probeta Seca	Porcentaje de absorción
1%	3138	2807	10.55%

Tabla 69: Ensayo absorción Hormigón celular Eucozell 200

Fuente: Autor

10.9.2. Ensayo absorción Hormigón celular Euocell 1000

Ensayo absorción Hormigón con Euocell 1000			
	Probeta Superficialmente Seca	Probeta Seca	Porcentaje de absorción
0.08%	2906	2565	11.73%

Tabla 70: Ensayo absorción Hormigón celular Euocell 1000

Fuente: Autor

CAPITULO 11: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

11.1. Conclusiones

En conclusión el mortero celular con Eucozell 200 es un material exitoso al momento de ser usado en la construcción, debido a todas las propiedades analizadas anteriormente. Este material ayuda como reemplazo en lugares donde las metodologías convencionales no se puedan utilizar. Cabe recalcar que antes de usarse este material se debe realizar varias pruebas. Los dosificaciones realizadas obtuvieron los resultados que se esperaban, lo cual ayudó a encontrar su uso. Una de las mejores propiedades descubiertas en las pruebas es que este material es altamente dúctil lo cual nos permite realizar diseños con mampostería sismo resistente. También la consistencia, al ser fluido, facilita mucho la trabajabilidad de este material

En el caso del mortero celular con Eucozell 1000 este al ser un material que incluye mayor cantidad de aire dentro de la mezcla, obtenemos resultados más extremos. Este material posee una trabajabilidad excelente, pero las resistencias a compresión y flexión son muy limitadas. Encontrarle un uso a este material es difícil debido a que las resistencias no cumplen con la norma. Los resultados esperados no fueron los deseados. El principal problema de este material es que al ser muy fluido no alcanza las resistencias deseadas.

En el análisis del mortero celular vs el hormigón con piedra pómez, se descubrió que el mortero alveolar consigue resistencias mayores a los 7 y 14 días, pero el hormigón con piedra pómez alcanza un 10% más de resistencia a los 28 días que el mortero celular. La trabajabilidad del mortero celular es mejor que la del hormigón con piedra pómez debido a su fluidez.

Se realizó un análisis extra al cual se le incluyó aditivo Eucozell 200 y Eucozell 1000 a un hormigón convencional de $F_c: 290 \text{ kg/cm}^2$. Los resultados no fueron favorables debido a que el hormigón no alcanzó resistencias adecuadas y la trabajabilidad no mejoró mucho. Este material tampoco perdió mucha densidad como se esperaba.

Lo positivo del material mortero celular es la cantidad de beneficios que este nos brinda como:

- Mejor Trabajabilidad
- No existe segregación
- No hay asentamiento
- Es bombeable
- Aislamiento térmico
- No existe retracción o agrietamiento
- Alcanza mejores resistencias que el suelo granular bien compactado
- No hay daños en un futuro en tuberías
- Funciona como una solución viable en lugares donde no se pueda meter maquinaria pesada a trabajar.
- Auto nivelante
- Bajas densidades
- Es más dúctil

El mortero celular puede ser usado como relleno fluido en lugares donde se necesite rápida ejecución del trabajo, y no se pueda usar relleno granular convencional. Este puede ser usado en relleno de zanjas, relleno mismo, para inyección, relleno de camas donde se colocaran tuberías, entre otros explicado en el desarrollo de la tesis.

El costo del producto al tener un alto contenido de cemento es más elevado comparado con usos convencionales. Cabe recalcar que posee mejores propiedades que los materiales que usamos habitualmente. Esto se expresa con costo beneficio. En temas de utilización de rellenos fluidos este es una excelente opción donde no se pueda usar relleno granular y donde se necesiten hacer trabajos rápidos y reducidos. Los costos a largo plazo son nulos o mínimos con el mortero celular debido a que no necesita mantenimiento y no se presentaran agrietamientos. Debemos recordar que tampoco debemos exceder la resistencia de este.

11.2. Recomendaciones

Se recomienda para ensayos a futuro que se hagan muestras de mortero celular con diferentes tipos de arenas, con el fin de encontrar posibles mejores resistencias. Arenas que cumplan con la norma.

El uso de aditivos de otras empresas que nos permitan realizar morteros celular puede ayudar, ya que puede mejorar la resistencias o los comportamientos de la espuma pueden ser mejores.

Para estudios posteriores se puede aplicar el mortero celular es muros portantes para la realización de casas, con el fin de poder reducir tiempo, costos y obtener una estructura con un comportamiento sismo resistente más adecuado. Otra caso puede ser el uso de este producto en la construcción de paneles prefabricados con el fin de realizar casas prefabricadas.

CAPITULO 12: BIBLIOGRAFIA

Bibliografía

- C1116M, A. C. (2015). *Standard Specification for Fiber-Reinforced Concrete*. Construdata. (2012). *Canstrudata/com*. Obtenido de Construdata.com.
- 04, A. C. (2012). *Historical Standard: Método de Ensayo Normalizado para Determinar la Densidad, la Densidad Relativa (Gravedad Específica), y la Absorción de Agregados Gruesos*.
- ACI 318-02. (2002). *Building code requirements for structural concrete*. Farmington Hills, Mich. : American Concrete Institute.
- ASTM C109. Metodo de prueba estandar para la resistencia a la compresion de morteros.
- ASTM C128 - 04a. (2012). *Historical Standard: Método de Ensayo Normalizado para Determinar la Densidad, la Densidad Relativa (Gravedad Específica), y la Absorción de Agregados Finos*.
- ASTM C128-97. Standard test method for density, relative density and absorption of fine aggregate.
- ASTM C143/C143M - 10. (2011). *Historical Standard: Método de Ensayo Normalizado para Asentamiento de Concreto de Cemento Hidráulico*.
- ASTM C143/C143M - 10. (2012). *Historical Standard: Método de Ensayo Normalizado para Asentamiento de Concreto de Cemento Hidráulico*.
- ASTM C1688 / C1688M - 14a. (2013). *Método de Ensayo para Determinar la Densidad del Hormigón en Estado Fresco* .
- ASTM C33. (2013). *Especificación Normalizada para Agregados para Concreto* (Vol. 04.02).
- ASTM C39/C39M - 12. (2012). *Historical Standard: Historical Standard: Método de Ensayo Normalizado para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto*.
- ASTM C78/C78M - 02. (2010). *Historical Standard: Método de Ensayo Normalizado para la Determinación de la Resistencia a la Flexión del Concreto (Utilizando Viga Simple con Carga en los Tercios del Claro)*.
- ASTM C94/C94M - 09. (2014). *Historical Standard: Especificación Normalizada para Concreto Premezclado*.
- ASTM D-422. Analisis granulometrico por tamizado.
- becerra, L. (s.f.). *Ensayo para hormigones*. Obtenido de Ensayo para hormigones: ensayosparahormigones.blogspot.com
- F., L. (1999). *Concrete Mixture Porportioning a Scientific Approach* (Primera edicion ed., Vol. 1). Taylor Francis.
- Holcim. (2016). *Holcim Ecuador*. Obtenido de Holcim.com.em.
- Ieca. (2013). *Instituto nacional del hormigon*. Obtenido de Ieca: Ieca.com
- Moctezuma, C. (2013). *cmoctezuma.com.mx*. Obtenido de cmoctezuma.com.me.
- Plataformaarquitectura. (s.f.). www.plataformaarquitectura.cl. Obtenido de Plataformaarquitectura.
- Terreros, C. (2013). *Hormigones Especiales*.

CAPITULO 13: ANEXOS

Anexo 1: Aditivo Eucozell 200


EUCOCELL 200 Aditivo líquido para rellenos fluidos	
Descripción	<p>EUCOCELL 200 es un aditivo líquido diseñado para la fabricación de mezclas cementicias fluidas, con contenidos de aire ocluidos estabilizados, de baja densidad y resistencia a compresión. Si se va a utilizar en concretos convencionales solicite información al Departamento Técnico de TOXEMENT.</p>
Información Técnica	<p>Apariencia : Líquido Color : Rojo Densidad : 1,005 kg/l +/- 0.005 kg/l. Contenido de Cloruros : Ninguno Contenido de Azúcares : Ninguno</p>
Usos	<p>EUCOCELL 200 es un aditivo para fabricación de rellenos de densidad controlada (RDC), en utilidades como:</p> <ul style="list-style-type: none">• Relleno de cavidades difícilmente accesibles.• Relleno de zanjas.• Obras de excavación.• Obras en calles y carreteras.• Rellenos provisionales.• Rellenos de tuberías y tanques de almacenamiento enterrados y abandonados.• Espacios debajo de pavimentos.
Ventajas	<p>Los rellenos de densidad controlada (RDC) son materiales más ligeros que los concretos convencionales y son una alternativa económica en donde se requiere un relleno cementicio.</p> <ul style="list-style-type: none">• Aditivo líquido listo para usar• El relleno tiene altísima fluidez o trabajabilidad.• Reduce la retracción y asentamiento.• Es autonivelante, no requiere vibrado.• No requiere alta mano de obra.• Permite la utilización en lugares estrechos.• Es estable y sin retracción.• Bombeable.• Las mezclas son fluidas, cohesivas y sin segregación a pesar de tener bajos contenidos de cemento.• El desarrollo de resistencias bajas controladas (menor a 10 kgF/cm²), permite la eliminación del material mediante el uso de excavadora normal, permitiendo un fácil mantenimiento y reparación de conducciones.
Rendimiento	<p>Para rellenos fluidos: Dosis: 1% - 2% del peso del cemento (0.5 kg - 1 kg por bulto de cemento).</p> <p>Para morteros de inyección: Dosis: 3% al 5% del peso del cemento (1.5 kg a 2.5 kg por bulto de cemento), dependiendo de la cantidad de aire requerido y si el aditivo es colocado directamente en la mixer.</p>

ADITIVOS

EUCOCELL 200

TX40T130

OFICINA PRINCIPAL:
Calle 20C Nº 43A - 52 Int. 4 - Bogotá - Colombia.
PBX: (1) 208 86 00 • FAX: (1) 208 8600 Ext 133.
WWW.TOXEMENT.COM.CO



EUCOCELL 200

Aditivo líquido para rellenos fluidos

Para concretos convencionales: Las dosis utilizadas deben ser menores al 1% del peso del cemento y el tiempo de mezclado debe ser controlado. La inclusión de aire es del 12% al 15%. Es necesario hacer ensayos previos.

Aplicación

La mezcla debe tener un asentamiento de 0 mm a 25 mm antes de la adición de **EUCOCELL 200**.

EUCOCELL 200 se aplica directamente en la mixer inmediatamente después de cargado. La mezcla óptima se obtiene cuando la consistencia es cremosa y fluida. El material también puede ser adicionado en el sitio de la obra.

Después de adicionado el **EUCOCELL 200** es necesario dar 8 minutos de mezcla.

Debido a que el material puede incorporar del 20% - 35% de aire, la densidad de la masa puede ser de 1500 kg/m³ - 1600 kg/m³ mientras un concreto convencional normal puede tener de 2300 kg/m³- 2500 kg/m³.

Se pueden obtener variaciones en la resistencia a la compresión entre 10 kg/cm² y 100 kg/cm² dependiendo la variación en la dosificación del cemento.

El diseño de las mezclas puede variar en función de las necesidades y de las aplicaciones específicas requeridas.

Recomendaciones Especiales

- **EUCOCELL 200** se puede utilizar con cemento Portland normal.
- El producto no debe ser pre-mezclado con otros aditivos.
- Se recomienda hacer ensayos previos en obra para encontrar la dosis adecuada según el requerimiento.
- En todos los casos consultar la Hoja de Seguridad del producto antes de su uso.

Manejo y Almacenamiento

EUCOCELL 200 debe almacenarse en su envase original, herméticamente cerrado, bajo techo, en lugares frescos.

Vida útil en almacenamiento:

- 1 año en su envase original.
- 6 meses a granel.

Presentación

Tambor: 200 kg.
Granel

Las Hojas Técnicas de los productos TOXEMENT pueden ser modificadas sin previo aviso. Visite nuestra página Web www.toxement.com.co para consultar la última versión.

Los resultados que se obtengan con nuestros productos pueden variar a causa de las diferencias en la composición de los substratos sobre los que se aplica o por efectos de la variación de la temperatura y otros factores. Por ello recomendamos hacer pruebas representativas previo a su empleo en gran escala. TOXEMENT se esfuerza por mantener la alta calidad de sus productos, pero no asume responsabilidad alguna por los resultados que se obtengan como consecuencia de su empleo incorrecto o en condiciones que no estén bajo su control directo.

Febrero 3 de 2016

OFICINA PRINCIPAL:
Calle 20C Nº 43A - 52 Int. 4 - Bogotá - Colombia.
PBX: (1) 208 86 00 • FAX: (1) 208 8600 Ext 133.
WWW.TOXEMENT.COM.CO

ADITIVOS

EUCOCELL 200

TX40T130



EUCLID GROUP
TOXEMENT

Anexo 2: Aditivo Eucozell 1000

EUCOCELL 1000

Aditivo Líquido para Rellenos Fluidos en Inyección

Descripción

EUCOCELL 1000 es un aditivo líquido diseñado para la fabricación de morteros fluidos, con altos contenidos de aire, baja densidad y resistencia a compresión. Si se va a utilizar en concretos convencionales solicite información al Departamento Técnico de TOXEMENT.

Información Técnica

Apariencia : Líquido
Color : Transparente
Densidad : 1.04 kg/l +/- 0.01 kg/l
Contenido de cloruros: Ninguno

La adición del **EUCOCELL 1000** sobre un mortero para lograr morteros celulares, cumple los parámetros establecidos para las siguientes mediciones:

Fluidez: Se establece según norma ASTM C-939 (Standard Test Method for Flow of Grout for Preplaced-Aggregate Concrete (Flow Cone Method) que el tiempo en el cono de Marsh es superior a 35 segundos.

De acuerdo a la norma ASTM C-109 (Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars, item 3.1), el porcentaje de fluidez es mayor al 125% en menos de 25 golpes.

Segregación: Medida indirectamente a través de la norma NTC 1294 (Método de ensayo para determinar la exudación del hormigón) después de 40 minutos el mortero no presenta exudación. Por consiguiente se deduce que no hay segregación.

Contracción: Medido como un cambio en volumen a través de la norma ASTM C-1090 (Standard Test Method for Measuring Changes in Height of Cylindrical Specimens from Hydraulic Cement Grout) se determinó una contracción inferior al 3%.

Tiempo de Fraguado: Conforme a la norma NTC 890 (Determinación de tiempo de Fraguado de Mezclas por Medio de su Resistencia a la Penetración) el Tiempo de fraguado inicial es de 30 horas y el Tiempo de fraguado final es de 40 horas.

Resistencia a la Compresión: Según norma ASTM C-109 (Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars) se puede obtener resistencias por encima de 435 psi (30 N/m²) en un mortero diseñado con 600 kg/m³.

Contenido de Aire: De acuerdo a la norma NTC 1032 (Método para determinar el contenido de aire. Método de presión) los contenidos de aire sobrepasan el 35%.

Los anteriores ensayos fueron realizados utilizando una mezcla de 500 kg a 650 kg de cemento y una relación a/c de 0,5 a 0,55. Para diseños diferentes deben realizarse nuevos ensayos. Consulte el Departamento Técnico de TOXEMENT.

Usos

El **EUCOCELL 1000** es un aditivo para fabricación de morteros fluidos utilizados en inyección empleado en:

- Dar apoyo bajo y detrás de estructuras y revestimientos de túneles.
- Rellenos provisionales.
- Rellenos de tuberías y tanques de almacenamiento enterrados evitando el deslizamiento de la roca que inicia las fallas en estos revestimientos.
- Inyección bajo pavimentos.
- Concretos convencionales. Con las debidas precauciones puede ser usado como incluso de aire de alto rango para controlar la segregación en mezclas muy ásperas; su uso baja las resistencias en todas las edades. Solicite asesoría al Departamento Técnico de TOXEMENT.

OFICINA PRINCIPAL:
Calle 20C Nº 43A - 52 Int. 4 - Bogotá - Colombia.
PBX: (1) 208 86 00 • FAX: (1) 208 8600 Ext 133.
WWW.TOXEMENT.COM.CO

ADITIVOS

EUCOCELL 1000

TX40T139



EUCLID GROUP
TOXEMENT

EUCOCELL 1000

Aditivo Líquido para Rellenos Fluidos en Inyección

Recomendaciones Especiales

- **EUCOCELL 1000** se puede utilizar con cemento Portland normal.
- El producto es compatible con otros aditivos siempre y cuando se dosifique separadamente, previa elaboración de ensayos.
- Es necesario hacer ensayos previos para ajustar la dosis adecuada de aditivo, según el diseño de mezcla y los requerimientos del concreto endurecido.
- En todos los casos consultar la Hoja de Seguridad del Producto antes de su uso.

Manejo y Almacenamiento

EUCOCELL 1000 debe almacenarse en su envase original, herméticamente cerrado y bajo techo.

Vida útil en almacenamiento:

- 1 año en su envase original.
- 6 meses a granel.

Presentación

Tambor: 200 kg.
Granel

Las Hojas Técnicas de los productos TOXEMENT pueden ser modificadas sin previo aviso. Visite nuestra página Web www.toxement.com.co para consultar la última versión.

Los resultados que se obtengan con nuestros productos pueden variar a causa de las diferencias en la composición de los substratos sobre los que se aplica o por efectos de la variación de la temperatura y otros factores. Por ello recomendamos hacer pruebas representativas previo a su empleo en gran escala. TOXEMENT se esfuerza por mantener la alta calidad de sus productos, pero no asume responsabilidad alguna por los resultados que se obtengan como consecuencia de su empleo incorrecto o en condiciones que no estén bajo su control directo.

Febrero 3 de 2016

ADITIVOS

EUCOCELL 1000

TX40T139

OFICINA PRINCIPAL:
Calle 20C N° 43A - 52 Int. 4 - Bogotá - Colombia.
PBX: (1) 208 86 00 • FAX: (1) 208 8600 Ext 133.
WWW.TOXEMENT.COM.CO

