



**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**“DISEÑO COMPARATIVO DE RESISTENCIA DE UNA MEZCLA DE
CONCRETO UTILIZANDO ARENA DE MAR DE LAS COSTAS
SALVADOREÑA, ARENA DE CANTERA Y ARENA DEL RÍO DE LAS
CAÑAS”.**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:
INGENIERO CIVIL**

PRESENTADO POR:

Br. Josué Miguel Alarcón Reina

Br. Jimi Federico Erazo Moran.

Br. Carlos Atilio Mejía Cardoza.

SANTA TECLA, OCTUBRE 2025.



AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

ING. ROSENDO MAURICIO SERMEÑO PALACIOS
RECTOR

DR. FRANCISCO ALFREDO CARRILLO LAREYNAGA
VICE-RECTOR

ING. ROOSELVET ADOLFO OSORIO
SECRETARIO GENERAL

LIC. CARLOS ALBERTO COCA MUÑOZ
FISCAL

ING. MAURICIO ANTONIO AGUIRRE ORELLANA
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

ING. MAURICIO ANTONIO AGUIRRE ORELLANA
DIRECTOR DE ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

SANTA TECLA, OCTUBRE 2025



ASESOR

Ing. Marlon Ebiezer Vigil Sánchez

JURADO EVALUADOR

Ing. Luis Alfredo Alvarenga Tejada

Ing. Miguel Angel Rubio Franco

Ing. Mauricio Antonio Aguirre Orellana

SANTA TECLA, OCTUBRE 2025

UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA

ACTA DE CALIFICACIÓN DE
DEFENSA DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

No. TRES MIL QUINIENTOS CINCUENTA Y SEIS

A las diecisiete horas del viernes veinticuatro de octubre de dos mil veinticinco. Reunidos los Miembros del Tribunal Examinador del Trabajo de Graduación presentado por JOSUE MIGUEL ALARCON REINA en el salón de sesiones de la UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA. Se procedió:

PRIMERO: Que habiendo analizado el Trabajo de Graduación titulado:

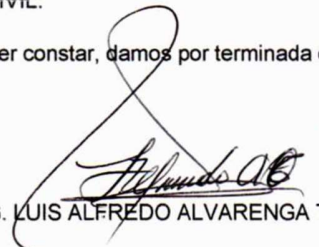
DISEÑO COMPARATIVO DE RESISTENCIA DE UNA MEZCLA DE CONCRETO UTILIZANDO ARENA DE MAR DE LAS COSTAS SALVADOREÑAS, ARENA DE CANTERA Y ARENA DEL RÍO DE LAS CAÑAS.

Se dio por aprobada, la parte escrita.

SEGUNDO: Que, con base a dicha aprobación de la parte escrita, se procedió a instalar la respectiva defensa oral del trabajo.

De conformidad a los resultados en dicha defensa, este Tribunal Examinador acuerda dar por APROBADA, con una calificación de ~~SIETE PUNTO CINCO (7.5)~~, el Trabajo de Graduación presentado por el alumno arriba detallado obteniendo a partir de esta fecha su calidad de: INGENIERO CIVIL.

No habiendo más que hacer constar, damos por terminada el acta que firmamos.


ING. LUIS ALFREDO ALVARENGA TEJADA


ING. MIGUEL ÁNGEL RUBIO FRANCO


ING. MAURICIO ANTONIO AGUIRRE ORELLANA


ING. ROOSELVEY ADOLFO OSORIO
SECRETARIO GENERAL



UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA

ACTA DE CALIFICACIÓN DE
DEFENSA DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

No. TRES MIL QUINIENTOS CINCUENTA Y SIETE

A las diecisiete horas del viernes veinticuatro de octubre de dos mil veinticinco. Reunidos los Miembros del Tribunal Examinador del Trabajo de Graduación presentado por JIMI FEDERICO ERAZO MORAN en el salón de sesiones de la UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA. Se procedió:

PRIMERO: Que habiendo analizado el Trabajo de Graduación titulado:

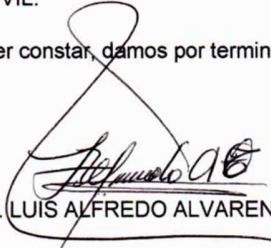
DISEÑO COMPARATIVO DE RESISTENCIA DE UNA MEZCLA DE CONCRETO UTILIZANDO ARENA DE MAR DE LAS COSTAS SALVADOREÑAS, ARENA DE CANTERA Y ARENA DEL RÍO DE LAS CAÑAS.

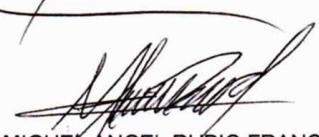
Se dio por aprobada, la parte escrita.

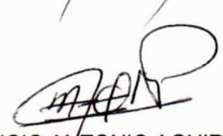
SEGUNDO: Que, con base a dicha aprobación de la parte escrita, se procedió a instalar la respectiva defensa oral del trabajo.

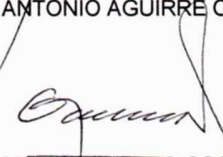
De conformidad a los resultados en dicha defensa, este Tribunal Examinador acuerda dar por APROBADA, con una calificación de SETE PUNTO CERO (7.0), el Trabajo de Graduación presentado por el alumno arriba detallado obteniendo a partir de esta fecha su calidad de: INGENIERO CIVIL.

No habiendo más que hacer constar, damos por terminada el acta que firmamos.


ING. LUIS ALFREDO ALVARENGA TEJADA


ING. MIGUEL ANGEL RUBIO FRANCO


ING. MAURICIO ANTONIO AGUIRRE ORELLANA


ING. ROOSELVEY ADOLFO OSORIO
SECRETARIO GENERAL



UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA

ACTA DE CALIFICACIÓN DE
DEFENSA DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

No. TRES MIL QUINIENTOS CINCUENTA Y OCHO

A las diecisiete horas del viernes veinticuatro de octubre de dos mil veinticinco. Reunidos los Miembros del Tribunal Examinador del Trabajo de Graduación presentado por CARLOS ATILIO MEJIA CARDOZA en el salón de sesiones de la UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA. Se procedió:

PRIMERO: Que habiendo analizado el Trabajo de Graduación titulado:

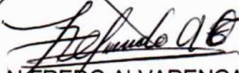
DISEÑO COMPARATIVO DE RESISTENCIA DE UNA MEZCLA DE CONCRETO UTILIZANDO ARENA DE MAR DE LAS COSTAS SALVADOREÑAS, ARENA DE CANTERA Y ARENA DEL RÍO DE LAS CAÑAS.

Se dio por aprobada, la parte escrita.

SEGUNDO: Que, con base a dicha aprobación de la parte escrita, se procedió a instalar la respectiva defensa oral del trabajo.

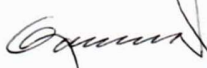
De conformidad a los resultados en dicha defensa, este Tribunal Examinador acuerda dar por APROBADA, con una calificación de SIETE PUNTO CERO (7.0), el Trabajo de Graduación presentado por el alumno arriba detallado obteniendo a partir de esta fecha su calidad de: INGENIERO CIVIL.

No habiendo más que hacer constar, damos por terminada el acta que firmamos.


ING. LUIS ALFREDO ALVARENGA TEJADA


ING. MIGUEL ÁNGEL RUBIO FRANCO


ING. MAURICIO ANTONIO AGUIRRE ORELLANA


ING. ROOSELVET ADOLFO OSORIO
SECRETARIO GENERAL



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer profundamente a Dios, por darnos la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para culminar este objetivo. Su guía ha acompañado cada paso de este camino.

A mis padres, María Juana Moran de Erazo y Manuel de Jesús Erazo Moran, por su amor incondicional, su apoyo constante y por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo y la dedicación. Gracias por creer en mí aun en los momentos más difíciles.

A mis hermanos, Marvin Alexander Erazo Moran, Reynaldo Manuel Erazo Moran, Karina Abigail Erazo Moran y Cristian Adonis Erazo Moran, quienes, con sus palabras de ánimo, su comprensión y su compañía hicieron más llevadero este proceso. Su apoyo ha sido fundamental.

A mis sobrinos, Perla Lucero Gonzales y Justin Mateo Gonzales, cuya alegría, cariño y espontaneidad fueron un impulso constante para seguir adelante. Cada uno de ellos llenó de luz y motivación este camino, recordándome siempre la importancia de perseverar.

A mis amigos, por acompañarme en los momentos de estrés, de dudas y también en los instantes de alegría. Su escucha, sus consejos y su apoyo sincero fueron un sostén invaluable que fortaleció mi ánimo y me motivó a continuar.

A mis compañeros de estudio, con quienes compartí largas jornadas de trabajo, desvelos, risas y desafíos. Gracias por su solidaridad, por su esfuerzo conjunto y por demostrar que, caminando unidos, todo reto se vuelve más llevadero. Haber contado con ustedes en cada etapa de este proceso ha sido una experiencia invaluable.

A mis compañeros de trabajo, por su paciencia, su colaboración y la disposición que siempre mostraron para apoyarme y ayudarme. Gracias por comprender mis ausencias, por los ánimos brindados y por hacer que cada jornada fuera más llevadera durante este proceso.

Quiero expresar un agradecimiento muy especial a mi compañero de estudio, José Omar Martínez, quien nos brindó siempre su apoyo, motivación y amistad durante este proceso. Aunque lamentablemente ya no está con nosotros, su dedicación, su ejemplo y los momentos compartidos permanecerán siempre en nuestra memoria. Este logro también es en su honor.

A todos, gracias por ser parte de este recorrido. Sin ustedes, este proyecto profesional no habría sido posible.

Quiero agradecer profundamente a mis padres, Andrés Alarcón y Gloria Cecilia Reina, por su apoyo incondicional, su constante comprensión y por inculcarme la disciplina y el valor de la educación. Su fe en mí ha moldeado mi trayectoria académica y me ha dado las fuerzas para seguir adelante en los momentos difíciles.

Expresar mis más sinceros agradecimientos a mi padre Andrés Alarcón por ayudarme con lo poco que podía ya que con sus recursos económicos muy escasos a traves de su trabajo en la agricultura lo daba todo por comprarme mis útiles escolares sin importar quedarse sin nada, sin importar pasar días y noches trabajando.

Agradecer al Señor Juan Carlos Reina mi jefe por brindarme la ayuda necesaria con permisos, apoyo económico y por los consejos de superación personal durante todos los 7 años que pase estudiando en la Universidad.

Agradecer a mi compañero Jimi Erazo por sus ganas y esfuerzo infinito que me motivo a seguir estudiando, a trabajar día y noche en este proyecto final que gracias a Dios finalmente culminamos satisfactoriamente.

Finalmente, a mi pareja, Laura Daniela Mejía, por su paciencia, apoyo incondicional y por ser mi mayor estímulo día a día. Este logro es también nuestro.

INDICE GENERAL

CAPÍTULO I: GENERALIDADES	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
a) Título Descriptivo del estudio o investigación	2
b) Antecedentes y/o Generalidades del Problema	2
c) Descripción del Problema.....	5
d) Formulación del Problema.....	6
1.2. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
2. Justificación.....	7
3. Alcances del proyecto.....	9
4. Limitantes.	10
5. Delimitación del problema.	11
1.3. OBJETIVOS.....	12
a) Objetivo General.....	12
b) Objetivos Específicos.	12
1.4. MARCO DE REFERENCIA	13
a) Fundamentos socioeconómicos.	13
1.5. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS.....	13
a) Hipótesis General	13
b) Hipótesis Específica	14
CAPÍTULO II:	16
2.1 Agregados para concreto	17
2.2. Clasificación de los agregados	19
2.3. Clasificación de los agregados por su origen	19
2.4. Clasificación de los agregados por el modo de fragmentación.	21
2.5 Clasificación de los agregados por su tamaño.....	22

2.6. Clasificación de los agregados por su peso	26
2.8. Cementos	32
2.10. Tipos de cementos	35
2.11. Concreto	40
2.12. Clasificación del concreto	41
2.13. Curado del concreto.....	42
2.14. Diseño de mezcla de concreto.	43
CAPÍTULO III. INVESTIGACIÓN DE CAMPO.....	51
3.1 Procedencia de las muestras.	52
3.2 Condiciones del laboratorio donde se realizaron los ensayos a las muestras.	57
3.3 Práctica estándar para muestreo de agregados norma ASTM D75.	58
3.4 Practica estándar para reduccion de las muestras de agregados a tamaño de prueba norma ASTM C 702	61
3.5 Método de prueba estándar para contenido total de humedad evaporable del agregado por secado norma ASTM C566.	63
3.6 Método de prueba estándar para el análisis por tamizado de agregados gruesos y finos norma aplicable: ASTM C136-19	66
3.7 Método de prueba estándar para materiales más finos que el tamiz 75 mm (no. 200) en agregado mineral por medio de lavado norma aplicable ASTM C117-17.....	76
3.8 Método de prueba estándar para densidad aparente "PESO UNITARIO" y huecos en el agregado norma ASTM C29	79
3.9 Método de prueba estándar para la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado grueso norma aplicable: ASTM C127-15.	86
3.10 Método de prueba estándar para la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado fino norma aplicable: ASTM C128-22	93
3.11 Diseño de mezcla método aplicado ACI 211.1	97

3.12 Práctica estándar para la fabricación y el curado de cilindros de concreto en el laboratorio norma ASTM C-192.	101
3.13 Método de ensayo estándar para esfuerzo de compresión en especímenes cilíndricos de concreto ASTM C - 39 / C 39M – 01	104
3.14 Cilindros de concreto en observación.....	109
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	113
4.1 Introducción al análisis de resultados	114
4.2 Análisis e interpretación de los ensayos a los agregados	114
4.3 Resultados granulométricos.....	115
4.4 Métodos de prueba estandar para la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado grueso norma aplicable ASTM C127-15	122
4.5 Métodos de prueba estandar para la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado fino norma aplicable: ASTM C128-22	123
4.6 Métodos de prueba estandar para la densidad aparente (peso unitario) y los vacíos en el agregado norma aplicable ASTM C29-23.....	126
4.7 Diseño de mezcla para arena triturada cantera San Diego.	130
4.8 Diseño de mezcla para arena de mar costas de San Diego.....	131
4.9 Diseño de mezcla para arena natural río Las Cañas.	132
4.10 Dosificación para arena triturada.....	133
4.11 Dosificación para arena de mar de las costas de San Diego.....	134
4.12 Dosificación para arena natural río Las Cañas	135
4.13 Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilindros de concreto norma aplicable: ASTM C39 / 23.....	136
4.14 Comparativo de esfuerzo a la compresión entre arena de mar, arena de río Las Cañas y arena triturada.	138
4.15 Comparación de tipo de fractura.	142
4.16 Rentabilidad económica de la arena triturada, arena de mar y la arena de río.	145

4.17 Costo por metro cubico de concreto para arena triturada.	146
4.18 Costo por metro cubico de concreto para arena de mar	147
4.19 Costo por metro cubico de concreto para arena de río	148
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	149
5.1 Conclusiones.....	150
5.2 Recomendaciones	152
BIBLIOGRAFÍA.....	154
SITIOGRAFÍA.....	155
ANEXOS:.....	156
Anexo 1. Resultados de laboratorio de agregado fino. Muestra arena de cantera.....	157
Anexo 2. Resultados de laboratorio de agregado fino. Muestra arena de mar.....	163
Anexo 3. Resultados de laboratorio de agregado fino. Muestra arena de río.....	169
Anexo 4. Resultados de laboratorio de agregado grueso.....	175
Anexo 5. Resultados de laboratorio de agregado fino. Ensayo de salinidad.....	179
Anexo 6. Ficha técnica del cemento.....	181
Anexo 7. Calibraciones de equipo de laboratorio.....	189

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Rocas Ígneas.....	19
Imagen 2: Rocas Sedimentarias.....	20
Imagen 3: Rocas Metamórfica tipo cataclasitas.	21
Imagen 4: Agregado fino (arena).....	32
Imagen 5: Cemento ASTM C150 Tipo 1 o ASTM C 1157 Tipo GU	36
Imagen 6: Concreto con Cemento de alta Resistencia a los sulfatos.	37
Imagen 7: Utilización de los Concreto de alta resistencia.	38
Imagen 8: Utilización de los cementos de moderado calor y bajo calor.	39
Imagen 9: Las muestras de pruebas usadas en el ensayo de sulfatos en ambiente externo..	39
Imagen 10: Ensayo de Asentamiento o del Cono de Abrams.	41
Imagen 11: Ubicación muestra 1 de playa San Diego.....	54
Imagen 12: Ubicación cantera San Diego.	54
Imagen 13: Ubicación de río las Cañas.	54
Imagen 14: Extracción de la muestra de arena de mar.	56
Imagen 15: Toma de muestra de arena de canteras.	56
Imagen 16: Extracción de la muestra de arena de río.....	56
Imagen 17: Traslado de las muestras al Laboratorio.....	57
Imagen 18: Toma de muestra de grava.....	57
Imagen 19: Cemento GU Holcim Fuerte.....	57
Imagen 20: Ubicación Geográfica del Laboratorio.	58
Imagen 21: Muestra agregado grueso.....	59
Imagen 22: Muestra arena natural.	59
Imagen 23: Muestra arena de cantera.	60

Imagen 24: Muestra arena de mar.	60
Imagen 25: Cuarteo de la Grava.	62
Imagen 26: Cuarteo de la arena.	62
Imagen 27: Pesaje de agregado fino para cálculo de porcentaje de humedad.....	65
Imagen 28: Pesaje de agregados grueso para cálculo de porcentaje de humedad.	66
Imagen 29: Proceso de tamizado.	69
Imagen 30: Pesando material de todos los tamizados.	69
Imagen 31: Lavado de material más fino.	77
Imagen 32: Lavado de material más fino por medio de mallas.....	77
Imagen 33: Peso unitario agregado fino.	82
Imagen 34: Secado de la muestra.	90
Imagen 35: Pesado de la muestra.	90
Imagen 36: Peso específico y absorción agregado fino hechos en laboratorio.	92
Imagen 38: Preparación de muestra saturada.	95
Imagen 37: Saturación de muestra, muestra relativa.....	95
Imagen 39: Pesaje de muestra saturada.	95
Imagen 40: Pesaje de muestras sin agua.....	95
Imagen 41: Pesa específico y absorción agregado fino realizados en laboratorio.	96
Imagen 42: Ensayo realizado en laboratorio para la elaboración de la mezcla.....	98
Imagen 43: Ensayos realizados en laboratorio para la elaboración de la mezcla.....	99
Imagen 44: Elaboración de mezcla de concreto.	100
Imagen 45: Temperatura de la mezcla.....	100
Imagen 46: Llenando cilindros con concreto.	100
Imagen 47: Cilindros listos para ser curados.....	100

Imagen 48: Resultado de laboratorio de la resistencia a la compresión.	105
Imagen 49: Medidas del cilindro.	107
Imagen 50: Identificación de cilindro de acuerdo a material con que se realizado.	107
Imagen 51: Colocación de cilindro sometido a compresión.....	108
Imagen 52: Resultado obtenidos.	108
Imagen 53: Elaboración de los cilindros.	109
Imagen 54: Temperatura del concreto.	109
Imagen 55: Mezcla de Concreto con arena de mar.	109
Imagen 56: Cilindros ya elaborados.	110
Imagen 57: Comportamiento del concreto a los 7 días de elaborado los cilindros.	110
Imagen 58: Comportamiento del concreto a los 14 días de elaborado los cilindros.	111
Imagen 59: Comportamiento del concreto a los 21 días de elaborados los cilindros.....	111
Imagen 60: Comportamiento del concreto a los 28 días de elaborado los cilindros.	111
Imagen 61: Comportamiento del concreto a los 35 días de elaborado del cilindro.....	111
Imagen 62: Comportamiento del concreto a los 42 días de elaborado los cilindros.	112
Imagen 63: Fractura tipo 5.....	143
Imagen 64: Fractura tipo 6.....	143
Imagen 65: Fractura tipo 6.....	144
Imagen 66: Fractura tipo 5.....	144
Imagen 67: Fractura tipo 2.....	145
Imagen 68: Fractura tipo 3.....	145
Imagen 69: Fractura tipo 6.....	145
Imagen 70: Fractura tipo 6.....	145

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de los agregados por tamaño.	23
Tabla 2: Relación Agua-Material Cementante Máxima y Resistencia de Diseño Mínima para Varias Condiciones de Exposición.	44
Tabla 3: Requisitos para el Concreto Expuesto a los Sulfatos del suelo y del Agua.....	45
Tabla 4: El tamaño mínimo de la muestra de campo.	60
Tabla 5: Tamaño de la muestra de ensayo.....	67
Tabla 6: Masa retenida por malla-Análisis Granulométrico (Ver anexo 1)	71
Tabla 7: Masa retenida por malla-Análisis Granulométrico (Ver anexo 2)	74
Tabla 8: Masa retenida por malla-Análisis Granulométrico (Ver anexo 3)	75
Tabla 9: Masa retenida por malla-Análisis Granulométrico (Ver anexo 4)	76
Tabla 10: Tamaño de la muestra según masa.	78
Tabla 11: Capacidad de medidas	81
Tabla 12: Requisitos para las medidas.	81
Tabla 13: Peso Unitario Suelto (Ver anexo 1).....	84
Tabla 14: Peso unitario compactado (Ver anexo 1)	85
Tabla 15: Tamaño de muestra para la gravedad específica y adsorción.	89
Tabla 16: Análisis granulométrico de Agregado fino cantera. ASTM C-136.....	115
Tabla 17: Análisis granulométrico de agregado fino arena de mar. ASTM C-136.....	117
Tabla 18: Análisis granulométrico de agregado fino arena natural. ASTM C-136.....	119
Tabla 19: Análisis granulométrico de gravas. ASTM C-136.	121
Tabla 20: Grava mal graduada gris oscuro (gp)	122
Tabla 21: Arena mal graduada con limos gris oscuro (sp-sm), arena triturada.....	123
Tabla 22: Arena mal graduada con limos gris oscuro (sp-sm), arena de mar.	124

Tabla 23: Arena mal graduada con limos gris oscuro (sp-sm), arena de río Las Cañas.....	125
Tabla 24: Peso unitario suelto kg/m^3 (arena triturada cantera San Diego).....	126
Tabla 25: Peso unitario compactado kg/m^3 (arena triturada cantera San Diego).....	127
Tabla 26: Peso unitario suelto kg/m^3 (arena de mar, Costa de San Diego).....	127
Tabla 27: Peso unitario compactado kg/m^3 (arena de mar, Costa de San Diego).	128
Tabla 28: Peso unitario suelto kg/m^3 (arena natural de río Las Cañas).....	128
Tabla 29: Peso unitario compactado kg/m^3 (arena natural de río Las Cañas).....	129
Tabla 30: Peso unitario suelto kg/m^3 (agregado grueso cantera San Diego).....	129
Tabla 31: Peso unitario compactado kg/m^3 (agregado grueso cantera San Diego).....	130
Tabla 32: Características de agregados de arena triturada cantera San Diego.	130
Tabla 33: Características de agregados arena de mar, costa de San Diego.	131
Tabla 34: Características de agregados arena natural de río Las Cañas.	132
Tabla 35: Cantidades requeridas para arena triturada.	133
Tabla 36: Cantidades requeridas para arena de mar.	134
Tabla 37: Cantidades requeridas para arena natural.	135
Tabla 38: Resultados a la compresión de especímenes cilindros de concreto con arena triturada a 3, 7, 14 y 28 días.	136
Tabla 39: Resultados a la compresión de especímenes cilindros de concreto con arena de mar a 3, 7, 14 y 28 días.	137
Tabla 40: Resultados a la compresión de especímenes cilindros de concreto con arena natural río Las Cañas a 3, 7, 14 y 28 días.	138
Tabla 41: Comparativo de esfuerzo a la compresión a los 7 días de edad.	139
Tabla 42: Comparativo de esfuerzo a la compresión a los 14 días de edad.	140
Tabla 43: Comparativo de esfuerzo a la compresión a los 28 días de edad.	141

Tabla 44: Tipos de Fracturas en ensayos de cilindros de concreto con arena triturada.	142
Tabla 45: Tipo de fracturas en ensayos de cilindros de concreto con arena de mar.	143
Tabla 46: Tipos de fracturas en ensayos en cilindros de concreto con arena de río.....	144

INTRODUCCIÓN

El concreto es uno de los materiales de construcción más fundamentales en la ingeniería civil y la arquitectura debido a su versatilidad y la capacidad de adaptación a diversas condiciones estructurales. La calidad del concreto depende en gran medida de la selección adecuada de sus componentes, que incluyen cemento, agua, y agregados como la arena y la grava. La arena, en particular, juega un papel crucial en la determinación de las propiedades mecánicas del concreto.

En El Salvador, el acceso a diferentes fuentes de arena ofrece una oportunidad única para explorar cómo estas variaciones pueden influir en el rendimiento del concreto. En este estudio, se comparará el comportamiento del concreto utilizando tres tipos de arena disponibles en el país: arena de mar proveniente de las costas salvadoreñas, arena de cantera, y arena del río Las Cañas. La elección de estas fuentes de arena responde a la necesidad de entender cómo las características particulares de cada tipo de arena afectan la resistencia y otras propiedades del concreto.

El objetivo principal de esta investigación es diseñar mezclas de concreto que cumplan con una resistencia objetivo de $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, siguiendo las normas internacionales ASTM (American Society for Testing and Materials) y ACI (American Concrete Institute) que rigen el diseño y la calidad del concreto. Estas normas proporcionan directrices rigurosas para asegurar que el concreto alcance las especificaciones requeridas para diversas aplicaciones estructurales.

La arena de mar, que se caracteriza por su alta salinidad, puede influir en la resistencia del concreto debido a la posible corrosión de los armados metálicos. Por otro lado, la arena de cantera y la arena del río Las Cañas presentan propiedades distintas que podrían afectar la mezcla de manera diferente. Evaluar el desempeño del concreto con estas arenas permitirá una comprensión más profunda de sus implicaciones prácticas, y proporcionará información valiosa para su uso en proyectos de construcción en la región.

Este estudio no solo busca comparar la resistencia del concreto obtenido con cada tipo de arena, sino también proporcionar recomendaciones basadas en los resultados experimentales para optimizar el uso de estos materiales en la construcción, garantizando así la calidad y sostenibilidad de las estructuras construidas con concreto en El Salvador.

CAPÍTULO I:

GENERALIDADES

CAPÍTULO I. GENERALIDADES.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

a) Título Descriptivo del estudio o investigación

Diseño comparativo de resistencia de una mezcla de concreto utilizando arena de mar de las costas de El Salvador, arena de cantera y arena del río Las Cañas.

b) Antecedentes y/o Generalidades del Problema

En el transcurso de los años el ser humano ha utilizado diferentes tipos de materiales de construcción, en donde como primer lugar se tiene el hormigón basado en cemento, arena, grava y agua, en la actualidad las construcciones son hechas de concreto de diferentes resistencias por lo que es necesario obtener materiales o aditivos que mejoren las propiedades del concreto, este elemento es el más utilizado por su trabajabilidad y su facilidad de procesamiento. Las nuevas tecnologías y materiales están dispuestos a la implementación de nuevos modelos que contribuyen a la eficiencia energética y a la reducción de agentes nocivos para el medio ambiente.

En las dos últimas décadas se ha triplicado el consumo de arena, según la ONU. El creciente aumento de las construcciones en casi todo el mundo es el mayor responsable. La extracción de este material causa, además, grandes prejuicios en los ecosistemas donde se encuentra. Es momento de replantearse el uso masivo de este material que está destruyendo especialmente ríos que es la zona principal de extracción de arena de calidad.

Cada vez que pensamos en la materia prima necesaria para construir un proyecto en cantidades altas más, con las nuevas demandas que se exigen en la construcción nos damos cuenta que conseguirla tiene un gran impacto ambiental y cada vez los gobiernos se presentan más estrictos especialmente cuando se tocan los recursos naturales vitales que atentan contra la vida de los seres humanos y los animales.

La arena es la materia prima básica natural para la construcción de cientos de miles de viviendas, de carreteras, de edificios públicos, aceras, plazas, súper mercados, hospitales, hoteles etc. en nuestro país.

En vista del conjunto de problemáticas antes mencionadas, ya existe una investigación sobre el tema utilizando arena triturada y arena de río obteniendo buenos resultados, debido a dicha necesidad es indispensable el estudio del mismo en nuestro medio. Al investigar se obtendrá el diseño de mezcla con resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con arena triturada.

La arena de trituración ha sido empleada con éxito por mucho tiempo en otros países, tales como: Alemania, Finlandia, España, Estados Unidos, Canadá, Puerto Rico, Venezuela, Chile, Brasil y Argentina; en el área centroamericana se destacan: Guatemala y Costa Rica. Estos países han acumulado experiencias y desarrollado estudios sobre el empleo de arena de trituración con excelentes resultados, entre los cuales podemos mencionar los siguientes:

- “Utilización de la Arena de Trituración” Ing. Oscar Alfredo Cabrera, Ing. E. Irassar, Argentina, 1991-1997.
- “Evaluación Preliminar de la Arena Manufacturada de Caliza como Agregado Fino para Concreto”, Ing. Plinio Estuardo Herrera Rodas, Guatemala 1994.
- “Hormigones con Arenas Trituradas” Ing. Oscar Alfredo Cabrera, Argentina, 1998-2000.
- “Arenas Manufacturas vrs. Naturales”, Ing. Jorge Milanés. Empresa Holcim de Costa Rica.
- “Dosificación de Hormigones con Arenas de Trituración” Ing. Oscar Alfredo Cabrera, Ing. E. Irassar. 8va Reunión Técnica de la AATH – Tomo 1 – pp. 253- 266, 1987.
- Arena Manufacturada de Caliza como Agregado Fino para Concreto, Ing. Plinio Estuardo Herrera Rodas, Guatemala 1994.
- “Leyes Básicas para Hormigón hecho con Arena de Trituración” Ing. Joaquín Porrero, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, 1990.
- “Trabajabilidad de Hormigones Elaborados con Arenas de Trituración” Ing. Oscar Alfredo Cabrera, Ing. E. Irassar. X Conferencia Interamericana en Tecnología de Materiales. Texas, USA pp. 9.15 a 9.19. 1989.
- “Manufactura de Arena para Hormigón”, Sr. Carlos Robles, Asociación de Industrias Productoras de Agregados de Puerto Rico (AIPA).

- En noviembre del 2017 Por H.A. Petit – C.I. Paulo – O.A. Cabrera – E.F. Irassar, de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires – CIFICEN (UNCPBA-CICPBA – CONICET) hizo un estudio a la arena tritura
- Dosificación de Hormigones con Arenas de Trituración” Ing. Oscar Alfredo Cabrera, Ing. E. Irassar. 8va Reunión Técnica de la AATH – Tomo 1 – pp. 253 -266, 1987.

En este sentido, en nuestro país, se ha llevado a cabo solamente una investigación sobre los beneficios de utilizar materiales alternativos a los ya existentes, este es el trabajo de graduación denominado: “Comportamiento de arenas de trituración como sustituto de arena natural en la elaboración de concreto hidráulico”, investigación realizada en la Universidad de El Salvador en el año 2005. Obteniéndose resultados favorables para el área de la construcción, que llevan a recomendar el uso de arenas trituradas en la elaboración del concreto hidráulico para hormigón simple y estructural.

La necesidad de obtener concreto con las resistencias deseadas, de durabilidad óptima y al más bajo precio en los proyectos de construcción, es lo que ha llevado a las empresas productoras de agregados para concreto a desarrollar nuevas tecnologías y así obtener productos de mejor calidad y tener competitividad con los demás proveedores.

El concreto es un compuesto muy utilizado en el área de la construcción, con esto la extracción de los agregados y del cemento, deben lograr abastecer de material al mercado tanto local como internacional y además cumplir con estándares de calidad que cumplan con las normativas establecidas, con esa deducción las propiedades del agregado deben estar en condiciones idóneas para la utilización en el concreto, además del cuidado con el medio ambiente en la etapa de extracción, por lo que se deben plantear diferentes alternativas de materiales y así como nuevas políticas.

En el uso de la arena natural (arena de río lavada), se ha podido encontrar como alternativa el uso de arena manufacturada (procesada), producto de la trituración de roca la cual tiene que cumplir con normas de la arena natural ASTM C-33, Esta especificación es considerada como adecuada para asegurar satisfactoriamente los materiales para la mayoría de los concretos de diferentes resistencias. Se reconoce que, para ciertos trabajos o en ciertas regiones, el cual puede ser más o menos restrictivo de lo necesario. Por ejemplo, cuando la estética es importante, límites más restrictivos pueden considerarse con respecto a impurezas

que pudieran manchar la superficie del concreto. La parte que da la especificación deberá de asegurar que los agregados especificados son, o pueden estar disponibles en el área de trabajo, con respecto a propiedades de granulometría, físicas, químicas o combinadas.

Por otra parte, según investigaciones realizadas por el grupo de compactación e investigación pedagógica denominado COMPAS de Ecuador, en libro Primera edición agosto 2017 explican y dan a conocer resultados obtenidos de ensayos realizados en cilindros de concreto con arena de mar los cuales se detallan a continuación.

- Los resultados mostrados revelan que la arena de mar tiene una mejor trabajabilidad, debido a la ausencia de finos en la arena de río se puede disminuir la cantidad de cemento para la resistencia requerida.
- El concreto fabricado con arena de río provoca una mejor adherencia entre las partículas gruesas de la mezcla, arena de mar facilita el desprendimiento de dichas partículas.
- Los concretos fabricados con arena de mar no garantizan el módulo de rotura de diseño.
- En el momento de falla de los elementos prismáticos contruidos con arena de mar se pudieron observar partículas con cierto brillo cuya procedencia son los cristales salinos, fenómeno que provoca la baja resistencia a la flexión.
- La mezcla con arena de mar podrá ser utilizada en todo elemento estructural que no contenga acero ni provoque cargas axiales, elementos como muro de hormigón ciclópeo y muro con suelo reforzado.
- Los hormigones fabricados con arena de mar pueden ser utilizados para la construcción de estructuras sometida a carga axial que no contenga acero a diferencia de la arena de río podrán ser utilizada en todo tipo de estructura.
- Los hormigones contruidos con arena de mar no garantizan un módulo de rotura para ningún tipo de tráfico.

c) Descripción del Problema

La industria de la construcción enfrenta un reto significativo en el diseño y comparación de mezclas de concreto debido a la regulación del uso de diferentes tipos de arena. Tradicionalmente, la arena de río, como la proveniente del río Las Cañas, ha sido la opción

preferida por sus propiedades óptimas para la mezcla de concreto. Sin embargo, la extracción excesiva de esta arena ha generado serios problemas ambientales, como la erosión de riberas, la degradación de hábitat acuáticos y la alteración de ecosistemas locales. Estas consecuencias han llevado a la prohibición de su extracción en muchas zonas, limitando su disponibilidad.

Como respuesta a esta crisis, se están explorando alternativas como la arena de mar y la arena de cantera. La arena de mar, aunque accesible y abundante, presenta el desafío de su contenido salino, que puede comprometer al concreto si no se trata adecuadamente. Por otro lado, la arena de cantera es una opción que, aunque menos dañina para el medio ambiente, presenta características físicas y mecánicas diferentes a las de la arena de río. Sin embargo, estas diferencias no comprometen el rendimiento del concreto, lo que la convierte en una alternativa viable y sostenible.

d) Formulación del Problema

¿Cómo influye el uso de arena de mar en su estado natural y arena de cantera en el diseño y rendimiento de mezclas de concreto con resistencia de $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, considerando que la extracción de arena del río Las Cañas está prohibida debido al impacto ambiental generado por su explotación?

1.2. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación sobre el diseño y comparación de mezclas de concreto con una resistencia de $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ utilizando arena de mar, arena de río Las Cañas y arena de cantera es crucial por varias razones:

Sostenibilidad Ambiental: La prohibición de la extracción de arena natural específicamente del río Las Cañas se debe a la Ley de Medio Ambiente (Decreto No. 233) y la Ordenanza Municipal de San Salvador que implemento restricciones a la extracción de arena de ríos, además de crear conciencia sobre los impactos ecológicos de esta actividad. Estudiar alternativas permite desarrollar prácticas constructivas que protejan el medio ambiente y promuevan la conservación de recursos naturales.

Innovación en Materiales: La búsqueda de nuevos agregados para la elaboración de concreto puede llevar a la identificación de materiales que no solo cumplan con los estándares

de calidad, sino que también reduzcan la dependencia de la explotación de las arenas de ríos. La arena de mar y la arena de cantera presentan oportunidades para innovar en la formulación de mezclas.

Desempeño: Comprender cómo la variación en el tipo de arena influye en las propiedades del concreto es esencial para garantizar su resistencia y la seguridad de las estructuras construidas. Esto cobra especial relevancia en áreas costeras, donde el uso de arena de mar puede ser más frecuente.

Impacto Económico: la explotación insostenible de los recursos fluviales ha provocado una creciente escasez de arena, lo que a su vez ha incrementado los costos en la industria de la construcción. En este contexto, la investigación y comparación de diferentes mezclas de concreto resulta clave para identificar soluciones más económicas, sostenibles y accesibles, contribuyendo a optimizar el uso de materiales y garantizar la viabilidad de los proyectos constructivos.

Conciencia Social: Este estudio puede contribuir a generar conciencia sobre la necesidad de prácticas constructivas responsables y sostenibles, involucrando a comunidades y profesionales en la búsqueda de soluciones que minimicen el impacto ambiental.

Cumplimiento Normativo: ante el endurecimiento de las regulaciones ambientales, la investigación en tecnologías y materiales sostenibles se vuelve crucial para que las empresas del sector construcción cumplan con los marcos normativos vigentes. Estas investigaciones no solo permiten mitigar riesgos de sanciones legales, sino que también impulsan una gestión ambiental proactiva, alineada con los principios de desarrollo sostenible y responsabilidad corporativa.

Investigar la comparación de mezclas de concreto con diferentes tipos de arena no solo aborda un desafío técnico, sino que también fomenta un enfoque integral hacia la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental en la construcción.

2. Justificación

La justificación del estudio sobre el diseño y comparación de mezclas de concreto buscando una resistencia de $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, utilizando arena de mar, arena de río Las Cañas y arena de cantera radica en la necesidad urgente de encontrar alternativas sostenibles y eficientes en

la industria de la construcción. La imposibilidad de extraer arena del río Las Cañas, debido a los graves daños ambientales provocados por su explotación, subraya la vulnerabilidad de los recursos naturales y la urgencia de adoptar prácticas responsables.

Conservación del Medio Ambiente: la extracción no regulada de arena en cauces fluviales ha generado una degradación significativa de los sistemas hídricos, manifestándose en la erosión de riberas, la alteración del equilibrio geomorfológico del río, la pérdida de hábitats acuáticos y una disminución notable de la biodiversidad. Estas afectaciones comprometen la estabilidad ecológica y funcional de los ecosistemas fluviales, agravando los impactos ambientales a largo plazo.

Este estudio no solo busca mitigar estos impactos, sino también promover el uso de recursos alternativos que sean menos perjudiciales para el entorno natural.

Satisfacción de la Demanda Constructiva: La construcción sigue siendo un sector clave en el desarrollo económico, pero su dependencia de recursos limitados puede poner en riesgo la continuidad de proyectos. Evaluar mezclas de concreto que incluyan arena de mar y arena de cantera ayudará a garantizar el suministro de materiales adecuados sin comprometer el medio ambiente.

Mejora en la Calidad del Concreto: La investigación permitirá identificar las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas alternativas, garantizando que se mantenga la calidad del concreto. Esto es fundamental para la seguridad y sostenibilidad de las infraestructuras.

Cumplimiento de Normativas Ambientales: A medida que las regulaciones ambientales se vuelven más estrictas, en este sentido es fundamental que la industria de la construcción adopte prácticas sostenibles y se ajuste al marco legal vigente. En El Salvador, la Ley de Medio Ambiente, según el Decreto Legislativo No. 233, establece obligaciones claras para prevenir, mitigar y compensar los impactos ambientales derivados de las actividades productivas, incluyendo la extracción de materiales. Asimismo, el Código Municipal faculta a los gobiernos locales a emitir ordenanzas para regular el uso racional de los recursos naturales en su jurisdicción. Cumplir con estas normativas no solo permite evitar sanciones, sino que también promueve una gestión ambiental responsable y alineada con los principios del desarrollo sostenible.

Fomento de la Innovación: La búsqueda de soluciones alternativas estimula la innovación en la industria de materiales de construcción. La investigación de nuevas formulaciones de concreto puede abrir la puerta a métodos más eficientes y sostenibles que beneficien tanto a la industria como al medio ambiente.

Responsabilidad Social: Al abordar este problema, se promueve una cultura de responsabilidad social en la construcción, donde las decisiones se toman considerando no solo el costo y la eficiencia, sino también el impacto en las comunidades y ecosistemas.

3. Alcances del proyecto.

Realizar una comparativa con un diseño de mezcla con arena de mar en estado natural y arena de cantera apta para la construcción, para evaluar que cumpla con los requerimientos de resistencia a la compresión, en tal sentido se realizarán ensayos de contenido de humedad, análisis granulométrico, gravedad específica, peso volumétrico, ensayos que son necesarios para el diseño de mezcla de concreto, dicha investigación aportaría una gran ayuda tanto económico como medio ambiental.

Métodos de pruebas a tomar en cuenta para nuestra investigación son las siguientes:

1. Método de prueba estándar para Contenido total de humedad evaporable del agregado por secado Norma ASTM C566
2. Método de prueba estándar para Análisis de tamiz de agregados finos y gruesos Norma ASTM C136
3. Método de prueba estándar para Densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción de Agregado Grueso Norma ASTM C127
4. Método de prueba estándar para Densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción de Agregado Fino Norma ASTM C128
5. Método de prueba estándar para Densidad aparente (“peso unitario”) y huecos en el agregado Norma ASTM C29.

6. Práctica estándar para Elaboración y curado de muestras de ensayo de hormigón en el Laboratorio Norma ASTM C192
7. Método de prueba estándar para resistencia a la compresión de muestras cilíndricas de hormigón Norma ASTM C39
8. Práctica estándar para seleccionar proporciones para concreto de peso normal (ACI 211.1)
9. Método de prueba estándar para Materiales Más finos que 75 μm (No. 200) Tamiz en Mineral Agregados por Lavado Norma ASTM C117.
10. Se elaborarán 18 pares de especímenes para ensayo por cada diseño de mezcla, para arena de mar, arena natural y arena de cantera; tomando en cuenta las recomendaciones del reglamento ACI 318S-08. Se ensayarán 3 cilindros a los 7 días, 3 a los 14 días y 3 a los 28 días, para los tres diseños.
11. Método de ensayo estándar para esfuerzo de compresión en especímenes cilíndricos de concreto ASTM C - 39 / C 39m – 01.
12. Cilindros de concreto en observación.
13. Realizar una evaluación económica de la rentabilidad del uso de la arena triturada, arena de río Las Cañas y arena de mar de las costas de El Salvador.

4. Limitantes.

- 1- Al buscar información referente al tema de investigación en libros y páginas en internet no se encuentra mucha información de investigaciones realizadas

anteriormente sobre una comparación de mezclas de concreto utilizando arena de mar, arena de río y arena triturada.

- 2- Algunos ensayos no pueden ser desarrollados en el Laboratorio de Ingeniería de la Universidad Técnica Latinoamericana (UTLA), debido a la distancia donde se realizó la investigación, por tanto, las pruebas se realizaron en un Laboratorio externo y esto implica gastos económicos para cada una de las integrantes.
- 3- Para la extracción de arena de mar se investigó si medioambiente extiende algún tipo de permiso para extraer este material.
- 4- En la investigación solo se analizó una resistencia de concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- 5- El grupo no cuenta con los recursos económicos suficientes para realizar una investigación más extensa para diseñar otros tipos de concreto con otra resistencia, la cual solo podemos analizar y diseñar una la cual es la de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

5. Delimitación del problema.

Tiempo

La investigación se realizó a partir de junio de 2024 hasta febrero de 2025.

Espacio

El banco de donde se extrajo la muestra de la arena de mar fue en playa San Diego, departamento de La Libertad la cual cuenta fácil acceso para su extracción. El material para la arena triturada o procesada se compró en cantera San Diego, tal cantera cuenta con los permisos del Ministerio de Medio Ambiente, la cual se encuentra en la lista de Ministerio de Economía Dirección de Hidrocarburos y Minas. Para la muestra de arena natural del río Las Cañas esta fue extraída a un costado de la carretera troncal del norte en la comunidad Las Cañas frente a la colonia Santa Teresa jurisdicción del Distrito de Apopa departamento de San Salvador.

1.3. OBJETIVOS

a) **Objetivo General.**

- Diseñar tres mezclas de concreto con una resistencia de 210 kg/cm^2 utilizando arena de mar de las costas de El Salvador, arena de cantera y arena del río Las Cañas, con el propósito de evaluar sus características físicas y mecánicas y poder determinar la idoneidad de la arena de mar para la producción de concreto hidráulico.

b) **Objetivos Específicos.**

- Diseñar tres mezclas de concreto utilizando cada tipo de arena, estableciendo proporciones óptimas de cemento, agua y agregados, de acuerdo con el ACI 211.1.
- Comparar los resultados obtenidos de las pruebas de resistencia a la compresión de cada mezcla, con el objetivo de evaluar comparativamente el comportamiento de la arena de mar en su estado natural frente a la arena triturada y la arena natural, fue necesario realizar estudios en laboratorio que analicen sus propiedades físicas, químicas y mecánicas en aplicaciones constructivas.
- Se realizó el análisis de costos de una mezcla de concreto con una resistencia de $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, utilizando arena de mar en su estado natural proveniente de las costas de El Salvador, y compararlo con mezclas elaboradas con arena triturada de cantera y arena extraída del río Las Cañas. El objetivo fue evaluar la viabilidad económica y los posibles beneficios ambientales del uso de arena de mar como una alternativa sostenible en proyectos de construcción

1.4.MARCO DE REFERENCIA

a) Fundamentos socioeconómicos.

Si los resultados de esta investigación demuestran que la arena de mar y la arena triturada son viables como agregados finos en la elaboración de concreto, se podrá incentivar a las empresas constructoras, albañiles independientes y a la población en general a sustituir progresivamente el uso de arena de río. Esta transición contribuiría de manera significativa a la protección y conservación del medio ambiente, al reducir el impacto ecológico generado por la extracción indiscriminada de materiales en los cauces fluviales.

Desde una perspectiva ambiental, si la extracción de arena de mar se realiza bajo un estricto control técnico y conforme a la normativa ambiental vigente, su impacto puede ser gestionado de forma sostenible, evitando la degradación severa que actualmente generan las extracciones en los ríos. Además, se espera que los resultados estructurales del concreto elaborado con arena de mar, sean comparables a los obtenidos con arena de río y arena triturada, cumpliendo con los requerimientos de resistencia establecidos.

Por tanto, esta investigación busca proponer una alternativa innovadora que contribuya a la optimización de los recursos en la industria de la construcción. El estudio tiene como objetivo evaluar la viabilidad técnica y económica del uso de arena de mar como sustituto total o parcial de la arena del río Las Cañas y arena triturada, analizando su desempeño en la mezcla de concreto y los posibles beneficios en la reducción de costos. Con los resultados obtenidos, las empresas constructoras contarán con información técnica confiable para considerar esta alternativa como una opción viable y económicamente favorable.

1.5. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS.

a) Hipótesis General

Si se comprueba la viabilidad que tiene la arena de mar en la elaboración de concreto, entonces será útil para minimizar la explotación y extracción de la arena del río Las Cañas.

b) Hipótesis Específica

Hipótesis específica No.1

Verdadera: Si los resultados obtenidos en los ensayos realizados de resistencia a la compresión de cilindros de concreto elaborados con arena de mar son viables, entonces esta se podrá recomendar para poder reducir la utilización de arena del río Las Cañas.

Nula: - Si los ensayos de resistencia a la compresión de cilindros elaborados con arena de mar no son viables, entonces no se recomendará ser utilizada por lo tanto se seguirá utilizando arena del río Las Cañas.

Hipótesis Específica No.2

Verdadera: Si se determina que el uso de arena de mar reduce los costos económicos de producción de concreto, entonces se utilizará para elaborar concreto para los proyectos de infraestructura civil.

Nula: Si determinamos que el uso de arena de mar no reduce los costos económicos de producción de concreto entonces no se utilizará ni se recomendará para elaborar concreto para los proyectos de infraestructuras civiles.

Hipótesis Específica No.3

Verdadera: Si en los resultados de los ensayos al concreto da como resultado mejor trabajabilidad, con el uso de arena de mar se será más factible sustituir la arena del río Las Cañas (arena natural), en la producción de concreto hidráulico.

Nula: Si en los resultados de los ensayos al concreto no da como resultado mejor trabajabilidad, con el uso de arena de mar no será más factible sustituir la arena del río Las Cañas (arena natural), en la producción de concreto hidráulico.

Hipótesis Específica No.4

Verdadera: Si los ensayos de resistencia a la compresión obtenidos utilizando arena de mar, son viables y fueron buenos resultados esta remplazará a la arena del río Las Cañas (arena natural).

Nula: Si los ensayos de resistencia a la compresión obtenidos utilizando arena de mar, no son viables y no fueron buenos resultados esta no remplazará a la arena del río Las Cañas (arena natural).

CAPÍTULO II:

MARCO CONCEPTUAL

CAPÍTULO II. MARCO CONCEPTUAL.

El diseño adecuado de una mezcla de concreto es un factor crucial en la construcción de obras civiles, dado que determina la resistencia y calidad de las estructuras. Las mezclas de concreto se componen principalmente de tres componentes básicos: agregados, cemento y agua. Cada uno de estos materiales juega un papel fundamental en el comportamiento final del concreto, tanto en términos de resistencia como de adaptabilidad a diferentes condiciones de trabajo.

Los agregados, que incluyen tanto la arena como la grava, afectan las propiedades físicas de la mezcla, mientras que el cemento actúa el aglutinante que une todos los componentes.

El agua, por su parte, no solo es esencial para la hidratación del cemento, sino que también influye en la trabajabilidad y el tiempo de fraguado.

Los métodos de diseño de mezclas de concreto buscan equilibrar de manera óptima estos materiales, teniendo en cuenta factores como la relación agua-cemento, la densidad de los agregados, y las características específicas requeridas para cada tipo de obra.

Existen diversas metodologías para lograr este equilibrio, desde las basadas en proporciones volumétricas hasta las que emplean la determinación de la resistencia a través de pruebas de laboratorio.

En este contexto, el presente trabajo de investigación explora los diferentes tipos de agregados utilizados en la elaboración de concreto, sus características, y los métodos más comunes para el diseño de mezclas, con el fin de ofrecer una comprensión integral de este proceso esencial en la ingeniería civil.

2.1 AGREGADOS PARA CONCRETO

Gutiérrez (2003) afirma: Los agregados constituyen un factor determinante en la economía, durabilidad y estabilidad en las obras civiles, pues ocupan allí un volumen muy importante. Por ejemplo, el volumen de los agregados en el concreto hidráulico es de un 65% a 85%, en el concreto asfáltico es del 92% al 96%, en los pavimentos del 75% al 90%.

Por lo anterior el estudio de sus propiedades físicas y mecánicas cobra especial importancia para su adecuada y eficiente utilización. (p.9).

“Son los materiales de relleno para hacer más económica la mezcla. Mitigan la formación de grietas durante el proceso de fraguado. Junto con la pasta y el proceso de hidratación, permiten el desarrollo de la resistencia con la edad” (Matallana, 2014, p.24).

“Los agregados están compuestos por una parte fina (partículas con tamaño < 5 mm), comúnmente denominada como arena, y una parte gruesa (partículas con tamaño > 5 mm), llamada grava o piedra triturada” (Matallana, 2014, p.63).

Algunas propiedades indispensables de los agregados para elaborar concretos de densidad normal son: una adecuada distribución en los tamaños de sus partículas, forma y textura superficial apropiada, granos densos, duros y resistentes, durables, inertes, y libres de limo, arcilla, sales, azúcares y materia orgánica. (Matallana, 2014, p.63)

Matallana (2014) afirma: los agregados para concreto pueden definirse como una masa de materiales, generalmente inertes, constituida por una combinación de agregados naturales o producidos al triturar rocas de mayor tamaño, y que usados con la pasta de cemento forman el concreto. (p.63)

2.1.1. Orígenes de los agregados naturales.

Los agregados naturales provienen de las rocas y se obtienen por un proceso de fragmentación natural como el intemperismo y la abrasión o mediante un proceso físico mecánico hecho por el hombre; en ambos casos conservan las propiedades físicas: densidad, porosidad, textura, resistencia al intemperismo y composición mineralógica de la roca madre.

Para comprender mejor las propiedades de los agregados como su textura, porosidad, y su resistencia, tanto mecánica como al intemperismo, es necesario estudiar un poco la genealogía de las rocas y su formación. (Gutiérrez, 2003, p. 9 y 10)

2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS

La clasificación de los agregados para concreto más usadas son según su origen o procedencia, y según el tamaño de sus partículas. También, para algunos casos específicos, resulta conveniente clasificarlos de acuerdo con su peso por unidad de volumen (o densidad). (Matallana, 2014, p.64).

2.3. CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS POR SU ORIGEN

Dentro de la clasificación por origen, la cual se realiza con base en la procedencia de las rocas y los procesos físico-químicos involucrados en su formación, se pueden encontrar las siguientes clases de agregados:

2.3.1. Agregados de rocas ígneas.

Son todos los agregados provenientes de rocas ígneas, generalmente, este tipo de rocas son conocidas también como originales, endógenas o magmáticas.

Se considera que entre el 65 y 70 % de la corteza terrestre está constituido por rocas ígneas. En la superficie terrestre los afloramientos de estas rocas no son cuantitativamente homogéneos ya que la roca plutónica más abundante es el granito/granodiorita (roca ácida) y la volcánica es el basalto. (Maiza y Marfil, 2010, pag. 5). Ver imagen 1.



Imagen 1: Rocas Ígneas.

2.3.2. Agregados de rocas sedimentarias.

Son los agregados provenientes de rocas sedimentarias, las cuales son las de mayor abundancia en la superficie terrestre. Este tipo de rocas está formado por fragmentos de rocas ígneas, metamórficas u otras sedimentarias. Se pueden originar por descomposición y desintegración o por precipitación o deposición química.

Los sedimentos de origen químico más comunes son: Calizas, dolomías, cherts, ftanitas, siderita, óxidos e hidróxidos de hierro, glauconita, celadonita, fosforita, yeso, otros evaporados y residuos orgánicos.

Como agregados, con muchos reparos pueden considerarse las calizas y dolomías. Estas últimas son potencialmente reactivas frente a la reacción álcali-carbonato y como siempre contienen cantidades variables de sílice generalmente como chert y arcillas, también frente a la reacción álcali-sílice (RAS). (Maiza y Marfil, 2010, pag. 6). Ver imagen 2



Imagen 2: Rocas Sedimentarias.

2.3.3. Agregados de rocas metamórficas.

Son todos los agregados provenientes de rocas metamórficas, que a su vez provienen de ígneas y sedimentarias, las cuales experimentan grandes presiones y altas temperaturas generadas en los mismos metamorfismos de contacto o metamorfismo regional o dinámico.

Los principales cambios mineralógicos que se manifiestan en las rocas metamórficas son de tipo polimórfico (cianita, andalucita, sillimanita), la generación de especies nuevas por aporte

o pérdida de elementos (ceolitas, prehnita, pumpelita, arcillas, etc.) y deformación, trituración y hasta modificación de la estructura cristalina por la acción de tensiones, principalmente de cizalla.

Desde el punto de vista de las rocas metamórficas como agregados para hormigón, los factores más importantes que deben tenerse en cuenta son: las condiciones de formación de las nuevas especies ya que serán más inestables los minerales formados a mayor presión y temperatura; la deformación que presentan especialmente los minerales tenaces (cuarzo), ya que las texturas de mortero, la policristalinidad y la presencia de especies como tridimita, cristobalita y aún la sílice amorfa, serán muy perjudiciales. (Maiza et al, 2010, pag. 8). Ver imagen 3



Imagen 3: Rocas Metamórfica tipo cataclasitas.

2.4. CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS POR EL MODO DE FRAGMENTACIÓN.

Esta clasificación de agregados se basa en la forma en que ocurre el proceso de fragmentación de los materiales, los que desde este punto de vista pueden ser:

- Naturales.

- Mixtos.
- Manufacturados o triturados.

2.4.1. Naturales.

“Los agregados naturales proceden de rocas ígneas, metamórficas o sedimentarias; como producto de la intemperie, la erosión y por el arrastre del agua o glaciares, que dan origen a partículas de piedra, gravas, arenas, limos y arcillas”. (Matallana, 2014, p.64)

Las arenas y gravas naturales, para uso en mezclas de concreto, es posible obtenerlas directamente de los lechos o riveras en los ríos o en los depósitos aluviales, y emplearlos con su gradación natural. Este material es conocido como canto rodado y arena de río, que deben lavarse para eliminar las impurezas que pueda tener, tal como limo, arcilla o materia orgánica (Matallana, 2014, p.64).

2.4.2. Mixtos.

Son una combinación de agregados fragmentados de forma natural y de forma artificial.

2.4.3. Manufacturado o triturado.

Estos tipos de agregados son aquellos que se obtienen a partir de procesos artificiales, como la trituración, el tamizado o el lavado.

Como lo indica su nombre, la materia prima se somete a un proceso para lograr que se obtenga el grano del tamaño adecuado para luego ser utilizado en la industria.

Algunos ejemplos de estos agregados son la arena triturada, el hormigón reciclado, la piedra triturada, el vidrio molido y la escoria granulada.¹

2.5 CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS POR SU TAMAÑO

La clasificación de los agregados por el tamaño de sus partículas es tal vez la más usada, debido a que con mayor frecuencia hacen referencia al agregado grueso o grava

¹ <https://conarsac.com/blog/agregados-de-construccion/>

y al agregado fino o arena. El agregado grueso puede subdividirse en piedra, grava o gravilla; y el agregado fino en arena gruesa, media o fina. (Matallana, 2014, p.65).

Tabla 1: Clasificación de los agregados por tamaño.

Tamaño (mm)	Mayor a 50	Entre 50 y 19,0	Entre 19,0 y 4,75	Entre 4,75 y 2,36	Entre 2,36 y 0,42	Entre 0,42 y 0,074	Entre 0,074 y 0,002	Menor a 0,002
Denominación	Piedra	Grava	Gravilla	Arena gruesa	Arena media	Arena fina	Limo	Arcilla
	Agregado grueso			Agregado fino			Fracción muy fina	
Recomendación	Material bueno para producir concreto			Material bueno para producir concreto			Material no recomendable	

Fuente: El Concreto Fundamentos y nuevas tecnologías – Matallana, 2014

2.5.1 Agregados finos

Los agregados finos **miden menos de 4,75 mm de diámetro** y son perfectos para concreto no estructural y para la construcción de morteros y estucos. Los más comunes son la arena y la piedra de río.

El agregado fino o arena se usa como llenante, además actúa como lubricante sobre los que ruedan los agregados gruesos dándole manejabilidad al concreto.

Una falta de arena se refleja en la aspereza de la mezcla y un exceso de ella demanda mayor cantidad de agua para producir un asentamiento determinado, ya que entre más arena tenga la mezcla se vuelve más cohesiva y al requerir mayor cantidad de agua se necesita mayor cantidad de cemento para conservar una determinada relación agua-cemento (Gutiérrez, 2003, p. 49).

Características de un buen agregado fino para concreto

- Un buen agregado fino al igual que el agregado grueso debe ser bien gradado para que pueda llenar todos los espacios y producir mezclas más compactas.

- La cantidad de agregado fino que pasa los tamices 50 y 100 afecta la manejabilidad, la facilidad para lograr buenos acabados, la textura superficial y la exudación del concreto. Las especificaciones permiten que el porcentaje que pasa por el tamiz No. 50 esté entre el 10 y 30%; se recomienda el límite inferior cuando la colocación es fácil o cuando los acabados se hacen mecánicamente, como en los pavimentos, sin embargo, en los pisos de concretos acabados a mano, o cuando se desea una textura superficial tersa, deberá usarse un agregado fino que pase cuando menos el 15% el tamiz 50 y 3% el tamiz No. 100.
- El módulo de finura del agregado fino utilizado en la elaboración de mezclas de concreto, deberá estar entre 2,3 y 3,1 para evitar segregación del agregado grueso cuando la arena es muy fina; cuando la arena es muy gruesa se tienen mezclas ásperas.
- La presencia de materia orgánica en la arena que va a utilizarse en la mezcla de concreto llega a interrumpir parcial o totalmente el proceso de fraguado del cemento (Gutiérrez, 2003, p. 50).

2.5.2 Agregados gruesos

Los agregados de materiales de construcción gruesos tienen un **tamaño mayor a 4,75 mm de diámetro** y se utilizan para la fabricación de concreto estructural y para la construcción de carreteras y pavimentos. Entre los más comunes destacan la grava y la piedra triturada.

Teniendo en cuenta que el concreto es una piedra artificial, el agregado grueso es la materia prima para fabricar el concreto. En consecuencia, se debe usar la mayor cantidad posible y del tamaño mayor, teniendo en cuenta los requisitos de colocación y resistencia. (Gutiérrez, 2003, p. 48).

Hasta para resistencias de 250 kg/cm² se debe usar el mayor tamaño posible del agregado grueso; para resistencias mayores investigaciones recientes han demostrado que el menor consumo de cemento para mayor resistencia dada (eficiencia), se obtiene con agregados de menor tamaño. (Gutiérrez, 2003, p. 48).

“Se llama eficiencia del cemento a la relación entre la resistencia del concreto y el contenido de cemento”. (Gutiérrez, 2003, p. 48).

“En concreto de alta resistencia, mientras más alta sea ésta, menor deberá ser el tamaño máximo para que la eficiencia sea máxima”. (Gutiérrez, 2003, p. 48).

“Para cada resistencia existe un margen estrecho del valor del tamaño máximo por debajo del cual es necesario aumentar el contenido del cemento”. Gutiérrez, 2003, p. 48).

“En concretos de baja y mediana resistencia mientras mayor sea el tamaño mayor es la eficiencia”. (Gutiérrez, 2003, p. 48).

Características de un buen agregado grueso para concreto

Un buen agregado grueso debe poseer las siguientes características:

- Una buena gradación con tamaños intermedios; la falta de dos ó más tamaños sucesivos puede producir problemas de segregación (Gutiérrez, 2003, p. 48).
- Un tamaño máximo adecuado a las condiciones de la estructura (Gutiérrez, 2003, p. 49).
- Debe evitarse el uso de agregados planos o alargados, ya que además de producir bajas masas unitarias y baja resistencia mecánica, tienen tendencia a colocarse horizontalmente formándose bajo su superficie bolsas de agua cuando ésta sube a la superficie debido a la sedimentación de las partículas sólidas; esta agua almacenada bajo las partículas deja un espacio vacío cuando después del fraguado el agua se evapora, lo cual trae como consecuencia una notable reducción de la resistencia del concreto (Gutiérrez, 2003, p. 49).

Una adecuada densidad aparente está entre 2.3 y 2.9 g/cm³. Cuanto mayor es su densidad mejor es su calidad y menor su absorción, que oscila entre 1 y 5%.

- Las partículas con formas angulosas producen mezclas ásperas y difíciles de manejar (Gutiérrez, 2003, p. 49).
- Una superficie rugosa, limpia, sin capa de arcilla (Gutiérrez, 2003, p. 49).
- No debe contener terrones de arcilla, ni partículas deleznales; generalmente se limita el contenido de finos entre 1 y 3%, para que permita una adecuada adherencia de las partículas y el cemento en las mezclas (Gutiérrez, 2003, p. 49).

- El agregado grueso debe tener una resistencia al desgaste en la máquina de los ángeles que garantice su dureza. Los límites recomendados son: si el agregado va a ser usado en lozas de concreto o en pavimentos rígidos el desgaste debe ser menor del 35%. Si va a ser usado en otras estructuras el desgaste debe ser menor del 40% (Gutiérrez, 2003, p. 49).
- Respecto a los resultados del agregado sometido al ensayo de ataque de los sulfatos (sanidad), las especificaciones para los materiales utilizados en todas las obras son: si la solución empleada es sulfato de sodio, la pérdida total en el agregado grueso no debe ser mayor del 12% y si la solución empleada es sulfato de magnesio la pérdida total no debe ser mayor del 18% (Gutiérrez, 2003, p. 49).
- Agregados con partículas esféricas y cúbicas son los más convenientes para concreto, porque tienen mayor resistencia y es menor el consumo de cemento debido al mayor acomodo de las partículas, o sea mayor cantidad de material por unidad de volumen (Gutiérrez, 2003, p. 49).

2.6. CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS POR SU PESO

Desde el punto de vista del peso por unidad de volumen o peso volumétrico, aparecen cuatro tipos de concreto:

- Ultraligero
- Liviano
- Normal
- Pesado

2.6.1. Ultraligero

Se produce con agregados expandidos, tales como perlitas, vermiculitas, o con poliestireno expandido. Las densidades secas en el horno del concreto que usa estos agregados generalmente varían entre 240 a 800 kg/m³. Este grupo se usa principalmente en concreto aislante. Algunos concretos de modera resistencia se pueden producir con estos agregados (Kosmatka, kerkhoff, Panarese, Tanesi, 2004, p. 398).

2.6.2. Liviano

Concreto de peso liviano estructural: la NSR – 10, lo define como aquel cuya densidad de equilibrio está en un rango entre 1.440 y 1.840 kg/m³; elaborado con agregados livianos, como los resultantes de la arcilla expandida a través de calor (agregados termo expandidos). (Matallana, 2014, p.30).

2.6.3. Normal

Concreto de peso normal: aquel, cuya densidad está entre los 2.000 kg/m³ y 2.600 kg/m³. Algunos autores consideran que el concreto de densidad normal (peso unitario), está entre los 2.200 kg/m³ y los 2.400 kg/m³, aunque para efectos prácticos, pueden asumirse como valores medios aceptables, el de 2.300 kg/m³ para concreto sin refuerzo, y el de 2.400 kg/m³ en concreto con acero de refuerzo. (Matallana, 2014, p.30).

2.6.4. Pesado

Concreto de peso pesado: aquel cuya densidad es mayor a los 2.600 kg/m³. Para su producción hay que emplear agregados muy densos, generalmente de origen industrial como el acero. (Matallana, 2014, p.30).

2.7. ARENA

La arena es el resultado de la disgregación de las rocas y minerales de la corteza terrestre. En términos geológicos, la arena es el material compuesto por partículas que miden entre 0,063 y 2 mm, por tanto, una partícula individual de este tamaño es un grano de arena. En función de su origen, la apariencia y composición de la arena varían: si proviene de rocas volcánicas, por ejemplo, estará compuesta sobre todo de partículas negras o rojas; pero si proviene de un arrecife de coral, en cambio, será blanca y estará formada por gran cantidad de restos de organismos marinos. La arena puede ser arrastrada por el viento, en cuyo caso forma dunas; y puede ser arrastrada por el agua hasta la costa, en cuyo caso forma playas.

Para una cantidad dada de cemento o aditivo, en la medida que se incrementa la cuantía de arena, se consigue atrapar mayor cantidad de aire durante el mezclado. Las partículas de arena que más incorporan aire en la mezcla, son aquellas que pasan el tamiz 600 μ m (No. 30) y las que quedan retenidas en el tamiz 150 μ m (No. 100).

De la misma forma, las partículas de agregado que pasan el tamiz 150 μ m (No. 100), producen una significativa reducción en la cantidad de aire atrapado. Sin embargo, arenas con idéntica granulometría, pero de distinta fuente, pueden atrapar diferentes cantidades de aire, debido principalmente a las diferencias de forma y textura superficial de las partículas o a la contaminación con pequeñas proporciones de materia orgánica. (Matallana, 2014, p.94).

2.7.1. Generalidades de los tipos de arena

Sabiendo ya su uso, se presentan a continuación cuáles son los tipos de arena de construcción que existen.

Cada uno es diferente, pero siendo al fin y al cabo el mismo material. En general se usan para la formación de cemento, hormigón y otros elementos similares, pero según la composición, podrían tener otras funciones.

Los tipos de arena para construcción que existen son:

- **Arena fina:** es la arena más natural de la lista de tipos de arena en construcción, ya que no ha sufrido ningún proceso industrial posterior a su adquisición. Es la arena perfecta en trabajos de albañilería por no requerir mucha pasta para fijar y resultar en cemento o hormigón más manejable que con otras arenas.
- **Arena de río:** como su nombre indica, es uno de los tipos de arena para construcción que proviene estrictamente de los ríos. Es una arena natural, a la que tampoco se trata y se utiliza con otros minerales que contenga de su lugar original. Su uso está especialmente indicado para hormigón especializado en estructuras.
- **Arena lavada:** al contrario que la arena de río, esta arena, que proviene también del río, ha recibido un proceso de cribado, por lo que se utiliza ya alterada. Este cribado elimina

arcillas y otras “suciedades” para su uso. Está destinada a la fabricación de morteros, hormigón y material prefabricado.

- **Arena de miga:** es prácticamente la misma arena lavada de antes, con su propio proceso de cribado. Se utiliza también para la fabricación de morteros y hormigón, pero a diferencia de la lavada, esta arena da una fijación más compacta en la formación del cemento, lo que se traduce en materiales más resistentes.
- **Arena viva:** al contrario que las dos arenas limpias que hemos visto, este es uno de los tipos de arena para construcción que se mantiene con la arcilla original. Se utiliza principalmente para revestimientos de yeso.²
- **Arena de playas:** La arena de la playa se forma por la erosión de las rocas. El viento y el agua, en su acción constante, degradan las rocas y sus fragmentos, generando lo que conocemos como granos de arena, y los transportan más allá de donde se formaron. En geología, se denomina ‘arena’ a las partículas que miden más de 65 micras y menos de 2 milímetros. La composición más habitual de la arena tanto en playas como en desiertos, donde la constante erosión por el viento suele hacer que sea más fina es el silicato, y particularmente, el cuarzo.

2.7.2. Clasificación de las arenas

2.7.2.1. Según su origen

- **Arenas naturales:** son arenas que se producen por la desintegración natural de las rocas, las mismas tienden a ser de excelente calidad, como el cuarzo y el sílice. Este tipo de arena se puede encontrar en los cantos rodados y en el río. Son las arenas donde no ha intervenido el hombre, como es el caso de la sílice, la cual presenta la misma forma del cuarzo. Es de un grano duro que resiste las adversidades atmosféricas. Componentes de la arena natural: rutilo, zircón, cuarzo mineral, que es el más predominante, ilmenita, Monacita.

² <https://sacosa.es/tipos-arena-construccion/>

- **Arena Artificial:** son las arenas que resultan cuando el ser humano ayudado de equipos procede a triturar determinadas rocas.³

2.7.2.2 Según su composición química

- **Arena silica:** es un material que surge debido a la unión de dos elementos: el silicio y el oxígeno. Las empresas constructoras suelen encontrarlas en canteras cercanas al mar o ríos. El estado en el que la localizan puede variar. Puede estar en forma de roca o en su aspecto procesado.
- **Arena cromita:** este tipo de arena se distingue por su excelente densidad, por su refractariedad alta, su estabilidad y dureza, por su excelente absorción, por su baja expansión térmica y por su transferencia de calor.
- **Arena zirconio:** es una arena con densidad muy alta y que es muy refractaria. Es un excelente conductor térmico, presenta una baja expansión térmica y es muy resistente a la humedad del metal.
- **Arena olivina:** está compuesta de fayalita y de forsterita. Es muy empleado en la fundición. A comparación de la arena silica su conductividad térmica es mayor, pero su expansión térmica es menor.⁴

2.7.2.3. Según su ubicación

- **Arena de playa:** se trata de la arena que se visualiza a orillas del mar. Posee restos orgánicos marinos, sales y recibe del mar una excelente hidratación.
- **Arenas volcánicas:** es la arena que extrae del interior de los volcanes. Estas se distinguen de las demás por su intenso color negro. Es el tipo ideal para crear un tipo de arena que es parecido al concreto, ya que al unirse con la cal produce esta arena, que es conocida bajo el nombre de arena puzolánica. De aquí es que se extrae la famosa piedra pómez, la cual se distingue por su excelente porosidad.
- **Arena de minas:** este tipo de arena es fácil de identificar, ya que presenta un color distintivo que puede ser azul, gris o rosa. Se encuentra en la parte inferior de las capas de

³ <https://es.scribd.com/document/351495947/Clasificacion-de-Las-Arenas>

⁴ <https://es.scribd.com/document/351495947/Clasificacion-de-Las-Arenas>

la tierra, las cuales para acceder a ella se debe de realizar diversos procesos de excavación.⁵

2.7.2.4. Según su tamaño

- **Arenas gruesas:** las que pasan una malla de 5 mm y son retenidas por otra de 2 mm.
- **Arenas medias:** las que pasan una malla de 2 mm y son retenidas por otra de 0.5 mm.
- **Arenas finas:** las que pasan una malla de 0.5 mm y son retenidas por otra de 0.02 mm.⁶

2.7.3. Propiedades de la arena

Los agregados son materiales casi siempre pétreos, que se consideran inertes; sujetos a tratamientos de disgregación, cribado, trituración o lavado, o materiales producidos por expansión, calcinación o fusión excipiente, que se mezclan con cemento portland y agua, para formar concreto hidráulico. Sin embargo, los agregados no siempre son pétreos y algunos no son inertes, también sus propiedades físicas, químicas, mecánicas y térmicas influyen sobre el comportamiento del concreto. (Rugamas, 2012, p.29).

En términos generales los agregados ocupan las tres cuartas partes del volumen del concreto y por lo tanto su calidad y propiedades son de considerable importancia, no solo desde el punto de vista económico sino también desde otros no menos importantes como la resistencia, la durabilidad, la trabajabilidad, la densidad y en general del comportamiento estructural del concreto. (Rugamas, 2012, p.29).

Para la generalidad de los concretos los agregados ocupan entre el 60% y el 80% del volumen total del concreto. Están constituidos por una parte fina, denominada arena y una parte gruesa, denominada grava o piedra triturada; pueden provenir de fuentes naturales o artificiales. (Rugamas, 2012, p.29). Ver imagen 4.

⁵ <https://es.scribd.com/document/351495947/Clasificacion-de-Las-Arenas>

⁶ <https://es.scribd.com/document/351495947/Clasificacion-de-Las-Arenas>



Imagen 4: Agregado fino (arena).

El material con tamaño inferior a 0.074 mm es una fracción muy fina, cuyas partículas tienen ciertas características que interfieren en el proceso de hidratación del cemento y de allí que se consideren perjudiciales en el concreto. (Rugamas, 2012 p.30).

Propiedades como una buena distribución de los tamaños de las partículas, forma y textura superficial apropiadas, granos poco porosos, resistentes y duros, que no contengan sustancias químicas que reaccionen con la pasta de cemento, libres de material muy fino, exentos de materia orgánica, y que no contengan partículas débiles, son indispensables para que puedan ser utilizados en el concreto; de allí la importancia de su control de calidad. (Rugamas, 2012, p.30).

2.8. CEMENTOS

Historia La historia de los materiales cementantes es tan antigua como la humanidad; el yeso fue utilizado por los egipcios, y los griegos y romanos usaron la cal común y la cal hidráulica. La primera se obtiene al calcinar la piedra caliza y sólo endurece en presencia del bióxido de carbono (CO_2) contenido en el aire; la segunda se obtiene cuando la piedra caliza contiene impurezas de arcilla y endurece principalmente por la reacción que se produce entre sus elementos constitutivos, bajo los efectos del agua.

Los griegos y los romanos usaron ceniza volcánica que mezclaban con la cal, para obtener un producto de mejor calidad. Estos materiales que mezclados con la cal dan

un producto que adquiere II consistencia en presencia del agua se llamaron PUZOLANAS, nombre que se deriva de Puzol ciudad que queda en el Golfo de Nápoles, sitio del cual los romanos extraían el material volcánico que mezclaban con la cal. Los griegos la obtenían de la Isla de Santorin. (Gutiérrez, 2003, p.34).

2.9. Clasificación de los cementos.

2.9.1. Cementos naturales

Es un cemento hidráulico, obtenido de la caliza arcillosa natural, calcinada hasta una temperatura bajo el punto de sinterización y finamente molido. Estos cementos eran productos naturales que en algunos casos se sometían a tratamientos térmicos imperfectos y pueden considerarse como los materiales intermedios entre las calces hidráulicas y el cemento Portland.⁷

2.9.2. Cemento rápido.

El cemento es uno de los productos más usados algunas obras o reparaciones necesitan que el cemento tenga un proceso de secado mucho más acelerado, ahí hace su aparición el cemento rápido, ya que el cemento normal tiene un tiempo de endurecido de 24 horas aproximadamente.

El cemento rápido es empleado en trabajos de albañilería que demandan rapidez, el tiempo de fraguado llega a ser inferior a media hora, por lo que mayormente se emplea para reparaciones urgentes como escapes de agua, fijación de revestimientos en paredes, tapar o rellenar rozas y agujeros.

El cemento se emplea como conglomerante, ya que ayuda a que todos los elementos que forman la mezcla de hormigón se mantengan unidos.

⁷ http://www.lesma.info/banco/archivos/c7f_GUIA11CEMNATU.pdf

El cemento rápido, a diferencia del tradicional, ofrece mayor resistencia y capacidad en el fraguado, ya que se seca rápidamente ofreciendo mejores resultados que con el yeso, lo que lo hace ideal para los trabajos que demanden ser terminados de manera veloz.

Su tiempo de fraguado es mucho menor, no más de 24 horas. Está hecho especialmente para trabajos que requieran un fraguado rápido.

Tiene propiedades aglomerantes y características parecidas al cemento Portland, pero el cemento rápido no pierde su resistencia y su rápido endurecimiento no lo afecta negativamente.

Su mezcla puede lograr una resistencia mecánica elevada en poco tiempo, pero debe ser tratado bajo condiciones adecuadas para obtener los resultados que se desean.

Una de las ventajas principales del cemento rápido, es su tiempo de fraguado, el cual acelera esta etapa de curado, cortando el tiempo a unas pocas horas.

Esto es gracias a que este tipo de cemento contiene aditivos especiales que aceleran este proceso, lo que obliga a trabajar con mucha rapidez, precisión y agilidad.

Además de esto, algunas ventajas de este cemento son:

- Este tipo de cemento puede emplearse cuando se quiera realizar proyectos que necesiten ser terminados de manera urgente, tanto en exteriores como interiores.
- El cemento rápido puede trabajarse perfectamente tanto en ambientes secos como húmedos.
- No solo se emplea en la formación de bases de hormigón, también puede ser aplicado sobre superficies de plástico, madera o hierro.
- Puede emplearse con frecuencia cuando se quiere reparar zonas inundadas o simplemente cuando el proyecto de construcción requiera de un rápido endurecimiento, ya que el tiempo de fraguado es casi instantáneo, también en sumersión.

- También puede usarse en la realización de la impermeabilización de galerías o túneles.⁸

2.9.3. Cemento lento

Este cemento de endurecimiento lento es ideal para unir grandes superficies, así como para unir punto a punto pequeñas piezas de plástico. Para trabajos de unión de áreas grandes, este cemento de endurecimiento lento tiene un tiempo de trabajo mucho más largo (15-30 segundos) para su manipulación y corrección, lo cual es un complemento perfecto para los cementos extrafinos.

La solubilidad y resistencia mecánica del cemento de endurecimiento lento son mucho mayores que las de los cementos extrafinos, proporcionando mayor rigidez estructural a sus modelos de mayor tamaño.⁹

2.9.4. Cementos artificiales

El cemento es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua. Hasta este punto la molienda entre estas rocas es llamada Clinker, esta se convierte en cemento cuando se le agrega yeso, este le da la propiedad a esta mezcla para que pueda fraguar y endurecerse. Mezclado con agregados pétreos (grava y arena) y agua, crea una mezcla uniforme, maleable y plástica que fragua y se endurece, adquiriendo consistencia pétrea, denominada hormigón.¹⁰

2.10. TIPOS DE CEMENTOS

Todos los cementos portland y los cementos mezclados son cementos hidráulicos, que es meramente un término más genérico. En los años 90 se crearon las especificaciones de desempeño para los cementos hidráulicos: ASTM C1157,

⁸ <https://www.hormipavimento.es/cemento-rapido/>

⁹ <https://riseofgunpla.com/es/Boutique/cemento-dspiae-de-curado-lento>

¹⁰ <https://materialesteresa.tumblr.com/post/120094265357/cemento-artifical-potland>

“Especificación de Desempeño para Cementos Hidráulicos (Performance Specification for Hydraulic Cements)”. Esta especificación se indica genéricamente para los cementos hidráulicos que incluyen cemento portland, cemento portland modificado y cemento hidráulico mezclado. Los cementos en acuerdo con los requisitos de la norma ASTM C1157 satisfacen a los requisitos de ensayos de desempeño físico, oponiéndose a restricciones de ingredientes o de composición química del cemento, las cuales se pueden encontrar en otras especificaciones. (Rugamas, 2012, p.25).

2.10.1. Tipo I

El cemento tipo I es un cemento para uso general, apropiado para todos los usos donde las propiedades especiales de otros cementos no sean necesarias. Sus empleos en concreto incluyen pavimentos, pisos, edificios en concreto armado, puentes, tanques, embalses, tubería, unidades de mampostería y productos de concreto prefabricado y precolado. (Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi, 2004, p.30). Ver imagen 5.



Imagen 5: Cemento ASTM C150 Tipo 1 o ASTM C 1157 Tipo GU

2.10.2. Tipo II

El cemento tipo II se usa donde sean necesarias precauciones contra el ataque por sulfatos. Se lo puede utilizar en estructuras normales o en miembros expuestos a suelos o agua subterránea, donde la concentración de sulfatos sea más alta que la normal pero no severa. El cemento tipo II tiene propiedades de moderada resistencia a los sulfatos porque contiene no más del 8% de aluminato tricálcico (C3A). Los

sulfatos en suelos húmedos o en agua penetran en el concreto y reaccionan con el C3A hidratado, ocasionando expansión, descascaramiento y agrietamiento del concreto. Algunos compuestos de sulfato, tales como los sulfatos de magnesio, atacan directamente el silicato de calcio hidratado. (Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi, 2004, p.30, 32).

“Para controlar el ataque del concreto por los sulfatos, se debe emplear el cemento tipo II acompañado del uso de baja relación agua-material cementante y baja permeabilidad”. (Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi, 2004, p.30, 32). Ver imagen 6.



Imagen 6: Concreto con Cemento de alta Resistencia a los sulfatos.

Los cementos tipo II, especialmente producidos para satisfacer a los requisitos de moderado calor de hidratación, una opción de la ASTM C 150 (AASHTO M 85), van a generar una tasa de liberación de calor más lenta que el cemento tipo I y la mayoría de los cementos tipo II. El comprador tiene la opción de especificar el requisito de moderado calor de hidratación. Un cemento en el cual se especifica el máximo calor de hidratación se lo puede utilizar en estructuras de gran volumen, tales como pilares (pilas, estribos) y cimientos (cimentaciones, fundaciones) grandes y muros (paredes) de contención de gran espesor. Su empleo va a disminuir la subida de temperatura y la temperatura relacionada con la fisuración, la cual es especialmente importante cuando se cola el concreto en clima caluroso. (Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi, 2004, p.33).

2.10.3. Tipo III

El cemento tipo III ofrece resistencia a edades tempranas, normalmente una semana o menos. Este cemento es química y físicamente similar al cemento tipo I, a excepción de que sus partículas se muelen más finamente. Es usado cuando se necesita remover las cimbras (encofrados) lo más temprano posible o cuando la estructura será puesta en servicio rápidamente. En clima frío, su empleo permite una reducción en el tiempo de curado. A pesar de que se puede usar un alto contenido de cemento tipo I para el desarrollo temprano de la resistencia, el cemento tipo III puede ofrecer esta propiedad más fácilmente y más económicamente. (Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi, 2004, p.34). Ver imagen 7.

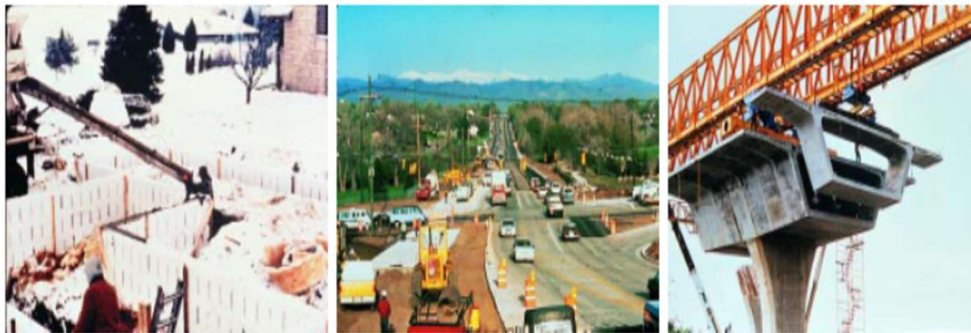


Imagen 7: Utilización de los Concreto de alta resistencia.

2.10.4. Tipo IV

El cemento tipo IV se usa donde se deban minimizar la tasa y la cantidad de calor generado por la hidratación. Por lo tanto, este cemento desarrolla la resistencia en una tasa más lenta que otros tipos de cemento. Se puede usar el cemento tipo IV en estructuras de concreto masivo (hormigón masa), tales como grandes presas por gravedad, donde la subida de temperatura derivada del calor generado durante el endurecimiento deba ser minimizada. El cemento tipo IV raramente está disponible en el mercado. (Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi, 2004, p.34). Ver imagen 8.



Imagen 8: Utilización de los cementos de moderado calor y bajo calor.

2.10.5. Tipo V

El cemento tipo V se utiliza en concretos expuestos a la acción severa de sulfatos principalmente donde el suelo y el agua subterránea tienen alta concentración de sulfatos. Su desarrollo de resistencia es más lento que en el cemento tipo I. La trae la lista de las concentraciones de sulfatos que requieren el uso del cemento tipo V. La alta resistencia a los sulfatos del cemento tipo V se atribuye al bajo contenido de aluminato tricálcico, no excediendo a 5%. El uso de baja relación agua materiales cementantes y baja permeabilidad son fundamentales para el buen desempeño de cualquier estructura expuesta a los sulfatos. Incluso el concreto con cemento tipo V no puede soportar una exposición severa a los sulfatos si tiene alta relación agua- materiales cementantes. El cemento tipo V, como otros cementos, no es resistente a ácidos y a otras sustancias altamente corrosivas.

La ASTM C 150 (AASHTO M 85) permite un enfoque físico y químico (ASTM C 452 ensayo de expansión) para la garantía de la resistencia a los sulfatos del cemento tipo V. Se puede especificar cualquiera de los enfoques tanto físico como químico, pero no ambos simultáneamente. Ver Imagen 9



Imagen 9: las muestras de pruebas usadas en el ensayo de sulfatos en ambiente externo.

2.11. CONCRETO

El concreto hidráulico u hormigón, es una mezcla homogénea de cemento, agua, arena y grava y en algunos casos de aditivos. Es actualmente el material más empleado en la industria de la construcción por su duración, resistencia, impermeabilidad, facilidad de producción y economía. El concreto es una roca fabricada por el hombre, diseñada y producida de acuerdo a normas establecidas para fines y aplicaciones que se requieren en un proyecto determinado y con las características de economía, facilidad de colocación, velocidad de fraguado y apariencia adecuada según su aplicación. El concreto presenta como las piedras naturales una alta resistencia a la compresión, pero una baja resistencia a la tracción (generalmente es el 10% de su resistencia a los esfuerzos de compresión) por lo cual se refuerza con varillas de acero, para que sean éstas las que soporten tales esfuerzos (concreto armado).

HISTORIA DEL CONCRETO HIDRÁULICO

Los orígenes de concreto se remontan a dos siglos A. de C., en Roma, cuando utilizaron mezclas de caliza calcinada, tobas volcánicas y piedras, para construir algunas de las estructuras que hoy todavía subsisten, como el Panteón o Iglesia de Santa María de los Mártires, cuya cúpula, de 44 metros de claro, es de concreto simple; la cúpula está aligerada por medio de casetones. En el siglo 7 de nuestra era, con la caída del Imperio Romano se olvidó su uso. En el siglo XVIII es redescubierto por los ingleses, cuando en 1756, John Smeaton lo utilizó para la reconstrucción del Faro de Edystone, en la costa sur de Inglaterra.

En 1817, Vicat, propuso por primera vez el procedimiento de fabricación del cemento, que en términos generales se sigue utilizando hoy día. Sin embargo, fue Joseph Aspdin, quien, en 1824, obtuvo la patente para fabricarlo. El prototipo del cemento moderno fue producido en 1845 por Isaac Johnson, quien por primera vez utilizó una temperatura suficientemente elevada, para formar Clinker de la arcilla y la piedra caliza, utilizadas, como materias primas (Gutiérrez, 2003, p.33 y 34).

2.12. CLASIFICACIÓN DEL CONCRETO

El concreto tiene dos estados bien definidos: fresco y endurecido.

2.12.1. Concreto fresco

“Se refiere básicamente al estado en que la mezcla tiene manejabilidad; es decir, al grado de facilidad para que pueda ser manejada, y transportada; colocándola y consolidándola por medios adecuados sin demasiados esfuerzos, y conservando la homogeneidad (segregue o exude)”. (Matallana, 2014, p.26).

La segregación consiste en la separación de las partículas gruesas de agregado de aquellas más finas. También, de las más a las menos densas, haciendo que pierda uniformidad el concreto. La exudación, o algunas veces llamada sangrado, aparece cuando una parte del agua que hay en la mezcla, tiende a colocarse en la superficie del concreto recién vaciado o durante el fraguado. (Matallana, 2014, p.26).

“La manejabilidad se mide por medio del ensayo de asentamiento o Cono de Abrams (imagen 9). A mayor humedad, mayor consistencia y, por tanto, mayor asentamiento”. (Matallana, 2014, p.26). Ver imagen 10



Imagen 10: Ensayo de Asentamiento o del Cono de Abrams.

2.12.2. Concreto endurecido.

“Se refiere a una roca artificial elaborada por el hombre cuyas propiedades de resistencia, durabilidad, densidad, apariencia y demás características, son aprovechadas en la construcción”. (Matallana, 2014, p.27).

“De especial interés para la ingeniería están la resistencia a los esfuerzos mecánicos, particularmente los de compresión, y la durabilidad, como base para el desarrollo estructural”. (Matallana, 2014, p.27).

2.13. CURADO DEL CONCRETO

“Luego del proceso de fraguado del concreto, es necesario suministrarle agua adicional para continuar la hidratación del cemento y procurar conseguir la máxima resistencia”. (Matallana, 2014, p.118).

Luego de las operaciones de colocación, compactación y acabado, el proceso de curado se constituye en el último paso para lograr las características deseadas en el concreto.

Tal como se ha venido insistiendo a lo largo de los capítulos precedentes, la realización del curado es absolutamente indispensable. Su correcta ejecución también es clave en el proceso. Sin embargo, a pesar de su importancia, es muy común que no se le preste la atención que reviste.

El curado del concreto se puede definir como el proceso mediante el cual, este se mantiene con un contenido de humedad adecuado y permanente, y una temperatura favorable durante la hidratación del cemento, para que se desarrollen las propiedades deseadas.

Factores para un buen curado Para un buen curado se requieren tres factores: un contenido adecuado de humedad, una temperatura apropiada y un tiempo prudente con un método idóneo.

Métodos y materiales para el curado Existen diversos materiales y procedimientos para la realización del proceso de curado, que se pueden aprovechar en diferentes condiciones y tipos

de estructuras. Sin embargo, la efectividad de un determinado método, depende de las circunstancias específicas de la estructura. Pero si se aplica a otra obra, en condiciones diferentes, los resultados pueden no ser los mismos. De cualquier modo, la efectividad de los métodos de curado dependerá de la prontitud y de su correcta aplicación. A pesar de que existe gran variedad de métodos y materiales para realizar el tratamiento de curado, los principios involucrados son siempre los mismos, esto es: mantener un suministro de agua adicional que asegure la hidratación del cemento, y mantenga el concreto a una temperatura tal, que permita desarrollar buenas características.

2.14. DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO.

El proceso de determinación de las características requeridas del concreto y que se pueden especificar se llama diseño de mezcla. Las características pueden incluir: (1) propiedades del concreto fresco, (2) propiedades mecánicas del concreto endurecido y (3) la inclusión, exclusión o límites de ingredientes específicos. El diseño de la mezcla lleva al desarrollo de la especificación del concreto (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, Tanesi, 2004, p. 185).

Un concreto adecuadamente proporcionado debe presentar las siguientes cualidades:

- Trabajabilidad aceptable del concreto fresco
- Durabilidad, resistencia y apariencia uniforme del concreto endurecido
- Economía

Antes que se pueda determinar las proporciones de la mezcla, se seleccionan sus características considerándose el uso que se propone dar al concreto, las condiciones de exposición, tamaño y forma de los elementos y las propiedades físicas del concreto (tales como resistencia a la congelación y resistencia mecánica) requeridas para la estructura (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, Tanesi, 2004, p. 185).

El concreto se vuelve más resistente con el tiempo, desde que la temperatura y la humedad disponibles sean adecuadas. Por lo tanto, la resistencia en cualquier edad es función tanto de la relación agua-material cementante original y del grado de

hidratación del material cementante. La importancia del curado temprano y minucioso se reconoce fácilmente (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, Tanesi, 2004, p. 186).

Tabla 2: Relación Agua-Material Cementante Máxima y Resistencia de Diseño Mínima para Varias Condiciones de Exposición.

<i>Condición de exposición</i>	<i>Relación agua-material cementante máxima por masa de concreto.</i>	<i>Resistencia a compresión de diseño mínima f'_c kg/cm² (MPa) [lb/pulg²]</i>
Concreto protegido de la exposición a congelación-deshielo, de la aplicación de sales de deshielo o de sustancias agresivas.	Elija la relación agua-material cementante basándose en la resistencia, trabajabilidad y requisitos de acabado.	Elija la resistencia basándose en los requisitos estructurales.
Concreto que se pretende que tenga baja permeabilidad cuando está expuesto al agua.	0.50	280 (28) [4000]
Concreto expuesto a congelación-deshielo en la condición húmeda y a descongelantes.	0.45	320 (31) [4500]
Para protección contra la corrosión del refuerzo (armadura) del concreto expuesto a cloruro de las sales descongelantes, agua salobra, agua del mar o rociado de estas fuentes.	0.40	350 (35) [5000]

Tabla 3:Requisitos para el Concreto Expuesto a los Sulfatos del suelo y del Agua.

Exposición a los sulfatos	Sulfatos solubles en agua (SO ₂) presente en el suelo, porcentaje en masa**	Sulfatos (SO ₂) en el agua, ppm**	Tipo de cemento**	Relación agua-material cementante, máxima en masa	Resistencia a compresión de diseño mínima, $f'c'$ kg/cm ² MPa [lb/pulg ²]
Insignificante	Menor que 0.10	Menor que 150	Ningún tipo especial necesario	----	----
Moderada	0.10 a 0.20	150 a 1500	Cemento de moderada resistencia a sulfatos	0.50	280 (28) [4000]
Severa	0.20 a 2.00	1500 a 10,000	Cemento de alta resistencia a sulfatos	0.45	320 (31) [4500]
Muy severa	Mayor que 2.00	Mayor que 10,000	Cemento de alta resistencia a sulfato	0.40	360 (35) [5000]

2.14.1. MÉTODO DE DISEÑO ACI 211.1

El diseño de mezclas es el proceso de selección de los materiales y sus proporciones para la producción del concreto según los requerimientos de resistencia, costos, peso, durabilidad y apariencia de acabados.

En cuanto a cantidades y proporciones, Asocreto (2011) afirma que el cemento ocupa entre un 7% y 15% del volumen de la mezcla, proveyendo eficientemente propiedades de adherencia y cohesión; asimismo, los agregados, esencialmente grava y arena, ocupan entre el 59% y 76% del volumen. El agua, necesaria para la hidratación del cemento ocupa entre

el 14% y 18% del volumen; y, por último, el aire atrapado en las mezclas varía entre el 1% y 3%.

El Instituto Americano del Concreto, ACI por sus siglas en inglés, a través de la norma ACI 211.1 describe dos métodos para seleccionar y ajustar las proporciones para concreto de peso y masa normal. El primer método se basa en un peso estimado de concreto por unidad de volumen; el segundo se basa en los cálculos de volumen absoluto ocupado por los componentes del concreto. Los procedimientos consideran requisitos como manejabilidad, consistencia, resistencia y durabilidad.

Manejabilidad

La manejabilidad del concreto abarca rasgos de trabajabilidad y consistencia; la trabajabilidad es la capacidad del concreto de ser colocado y consolidado correctamente sin segregación superficial, teniendo en cuenta conceptos como capacidad de moldeo, cohesión y compactibilidad.

La manejabilidad está determinada por: granulometría, forma de las partículas y las proporciones de agregado; la presencia de aire y aditivos químicos; y la consistencia de la mezcla.

Consistencia

Definida como la movilidad relativa de la mezcla de concreto, la cual se mide en términos de asentamiento, se relaciona con la trabajabilidad. Un asentamiento dado depende del requerimiento de agua, que aumenta a medida que los agregados son más angulares y rugosos, y disminuye con el máximo tamaño de agregados bien gradados.

Resistencia

Aunque la resistencia es una importante característica del concreto, otras características como la durabilidad, permeabilidad y resistencia al desgaste son igual de importantes. La resistencia, a la edad de 28 días, es tomada con frecuencia como un parámetro de diseño estructural, dosificación y evaluación del concreto.

Relación agua-cemento

Se define como a/c y para un determinado conjunto de materiales y condiciones, la resistencia del concreto es determinada por la cantidad neta de agua usada por cantidad de cemento; esta no toma en cuenta la absorción de los agregados. Las diferencias para una determinada relación a/c resultan del tamaño del agregado, gradación, textura, forma, resistencia y rigidez de las partículas; diferencias en los tipos de cemento y fuentes; contenido de aire y aditivos que afecten el proceso de hidratación.

Durabilidad

El concreto debe ser capaz de soportar las condiciones de exposición a las que esté sometido (congelamiento, deshielo, calentamiento y otros agentes de su entorno).

Densidad

Para ciertas aplicaciones, el concreto puede ser usado por sus características de peso.

En lo posible, las selecciones de proporciones de concreto se deben basar en datos de las experiencias con los materiales a utilizar en mezclas, pero cuando la información sea muy poca o no exista, la ACI 211.1 es una guía que puede ser utilizada. La información necesaria de los materiales disponibles puede ser:

- Análisis granulométricos de los agregados.
- Peso unitario del agregado grueso.
- Densidad aparente y absorción de los agregados.
- Requerimientos agua-mezcla en base a los agregados.
- Relaciones a/c.
- Densidad de materiales cementantes.
- Combinaciones óptimas de agregados para satisfacer la densidad del concreto.¹¹

El método ACI, respaldado por el Instituto Americano del Concreto (ACI), es uno de los más utilizados en la industria y se basa en cuatro pasos clave:

¹¹ <https://libros.ufps.edu.co/index.php/editorial-ufps/catalog/view/25/20/678>

1. **Determinación de Requerimientos:** Se establecen los objetivos de resistencia, trabajabilidad y durabilidad basados en las normativas y especificaciones aplicables.
2. **Selección de Materiales:** Se eligen cuidadosamente los materiales, como el tipo de cemento, agregados y aditivos, y se recopilan datos sobre sus propiedades.
3. **Cálculos y Ajustes:** Se utilizan ecuaciones y gráficos proporcionados por el ACI para calcular las proporciones adecuadas de los materiales y lograr la mezcla deseada.
4. **Pruebas y Ajustes Finales:** Se prepara una mezcla de prueba y se ajusta si es necesario, mediante pruebas de laboratorio, antes de la producción a gran escala.¹²

2.14.2. MÉTODO DE DISEÑO DE LA PCA

Los pavimentos de hormigón se utilizan ampliamente en carreteras, aeropuertos e instalaciones industriales debido a su durabilidad, resistencia y bajo mantenimiento. Sin embargo, el diseño de pavimentos de concreto requiere una cuidadosa consideración de varios factores, como el tráfico, el clima, la subrasante y los materiales. Uno de los métodos más populares y confiables para el diseño de pavimentos de concreto es el diseño de espesor PCA, desarrollado por la Asociación de Cemento Portland.

El diseño de espesor PCA es un método para determinar el espesor requerido de pavimentos de concreto basado en fórmulas y gráficos empíricos. Considera los efectos de las cargas de tráfico, la resistencia de la subrasante, la resistencia del concreto y las dimensiones de la losa en el rendimiento del pavimento. El diseño de espesor PCA es aplicable tanto para pavimentos de concreto liso articulados (JPCP) y pavimentos articulados de hormigón armado (JRCP), así como para superposiciones y whitetopping. El diseño del espesor de PCA se basa en extensos datos de campo y laboratorio recopilados y analizados por la Asociación de Cemento Portland desde la década de 1930.

¹² <https://noticiaselingeniero.com/metodos-de-diseno-de-mezclas-de-concreto/>

El diseño de espesor PCA ofrece varias ventajas para los diseñadores y propietarios de pavimentos de hormigón, como la simplicidad y la facilidad de uso. Se basa en fórmulas y gráficos simples que se pueden aplicar y verificar fácilmente, con pautas claras para las entradas y suposiciones de diseño. Además, es flexible y adaptable, lo que permite realizar ajustes en función de las condiciones locales. Además, el diseño del espesor de PCA es confiable y preciso, lo que refleja el rendimiento real de los pavimentos de concreto bajo diversas cargas y entornos. Ha sido validado y calibrado por numerosos estudios y proyectos de investigación a lo largo de los años.

El diseño del espesor del PCA consta de cuatro pasos principales.

El primer paso consiste en determinar el tráfico de diseño, que se expresa en términos de cargas equivalentes de un solo eje (ESALs).

El segundo paso es determinar la resistencia de la subrasante, que se puede obtener de pruebas de campo o de laboratorio, o de correlaciones con otras propiedades del suelo.

El tercer paso requiere seleccionar o especificar la resistencia a la compresión de la mezcla de concreto, y el cuarto paso implica el uso de tablas o fórmulas de diseño de espesor PCA para encontrar el espesor mínimo de losa que cumpla con los requisitos de diseño. Además, se pueden realizar ajustes para factores como el espaciado de las juntas, el soporte de los bordes, el curvado y la deformación, y la transferencia de carga.

El diseño de espesor PCA es un método probado y efectivo para el diseño de pavimentos de concreto, pero tiene algunas limitaciones que deben tenerse en cuenta. Entre ellos, su carácter empírico, lo que significa que se basa en datos y observaciones en lugar de modelos mecanicistas o teóricos, y su conservadurismo, que tiende a sobrestimar el espesor de losa requerido. Además, el diseño del espesor del PCA se actualizó y revisó por última vez en 1984, sobre la base de los datos recopilados hasta 1977. Por lo tanto, es posible que algunos de los insumos y supuestos de diseño no reflejen las condiciones y prácticas actuales o futuras. Tampoco tiene en cuenta las complejas interacciones y variaciones entre las capas de pavimento, los materiales y las condiciones ambientales, ni considera los beneficios de las características del pavimento, como clavijas, fibras o aditivos que pueden mejorar el

rendimiento y reducir el espesor de la losa. Además, no tiene en cuenta los efectos del deterioro y la deformación del pavimento sobre la capacidad de servicio y la seguridad.¹³

¹³<https://es.linkedin.com/advice/1/what-advantages-using-pca-thickness-design-apyl?lang=es&lang=es>

CAPÍTULO III:

INVESTIGACIÓN DE CAMPO

CAPÍTULO III. INVESTIGACIÓN DE CAMPO.

En la Ingeniería Civil, las calidades de los materiales de construcción juegan un papel fundamental en la resistencia de las estructuras. Los agregados, tanto finos como gruesos, son componentes esenciales del concreto, y su desempeño depende de características físicas, mecánicas y químicas que deben ser cuidadosamente evaluadas.

Este capítulo presenta una serie de ensayos realizados sobre muestras de agregados finos y gruesos con el objetivo de determinar sus propiedades claves y establecer su idoneidad para la producción de concreto de alta calidad. A través de métodos estandarizados, se busca identificar la composición, la granulometría, la densidad, la resistencia y otros aspectos relevantes que permitan comprender mejor el comportamiento de estos materiales en las condiciones de uso más exigente.

Cada ensayo tiene como propósito no solo medir las propiedades individuales de los agregados, sino también asegurar su compatibilidad con los requisitos normativos y las expectativas de desempeño en la construcción.

3.1 PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS.

La procedencia de la primera muestra del agregado fino es de arena de mar para la realizar la investigación proviene de la playa San Diego. La cual se encuentra en la calle litoral Cantón San Diego departamento de La Libertad, El Salvador. Esta playa posee facilidad para ubicar bancos de arena de mar, la playa San Diego posee mucho turismo y mucho comercio lo cual la hace una de las playas más visitadas de la zona costera del departamento de la Libertad

La procedencia de la segunda muestra de agregado fino es arena de cantera y de agregados gruesos para la investigación proviene de la cantera San Diego. La cual se encuentra en el kilómetro 55 ½ de la carretera el litoral departamento de La Libertad, dicho banco lleva alrededor de 45 años en operación, procesando arena triturada de muy buena calidad entre otros materiales para ser utilizado como agregado de relleno en la construcción de diferentes obras entre otras aplicaciones de construcción, el lugar donde se producen estos agregados es de fácil acceso para el personal y las empresas constructoras que requieren materiales para

sus proyectos, tanto en las zonas aledañas como en diferentes partes del país. Además de la fabricación de arena, se elaboran otros productos como piedra de diversos tamaños, piedra para enchape, grava y otros agregados, lo que convierte al sitio en un importante centro de abastecimiento para la industria de la construcción. Asimismo, representa una valiosa fuente de empleo para habitantes de comunidades cercanas, contribuyendo al desarrollo económico local.

La procedencia de la tercera muestra de agregado fino es arena natural o arena de río para la investigación proviene de un río llamado Las Cañas. La cual se encuentra a un costado de la carretera Troncal del norte, frente a una comunidad llamada Las Cañas en colonia Santa Teresa de la jurisdicción del distrito de Apopa. Dicho río posee un acceso dificultoso especialmente en tiempo de invierno, pero a pesar del difícil acceso camiones, comerciantes de ferreterías entre otros visitan con frecuencia el lugar para la extracción de la arena, además esto genera trabajo local a lugareños que ayudan a cargar manualmente los camiones que ingresan al río.

Para la investigación se realizaron visitas de campo y muestreos de materiales del banco seleccionado en la zona antes mencionadas, posterior a esto se procedió a verificar el tipo de agregado tanto visualmente como manualmente como el tipo de textura, color y humedad, tamaño, luego se procedió a tomar muestras según norma la ASTM D-75.

Dichos agregados fueron trasladados en sacos, hacia el laboratorio especializado en la elaboración de ensayos de agregados. Lugar donde se realizaron los ensayos de los agregados en estudio de acuerdo con el sistema de clasificación de rangos normados según las normas de referencia ASTM¹⁴ C-33. Ver imagen 11.

¹⁴ (ASTM) Son las siglas, en inglés, de American Society for Testing and Materials
<https://earth.google.com/web/search/playa+san+diego/@13.88979096,-88.21987568,523.35255785a,322754.744>

El Mapa Geológico de El Salvador ubicación de la playa San Diego de Puerto la libertad.

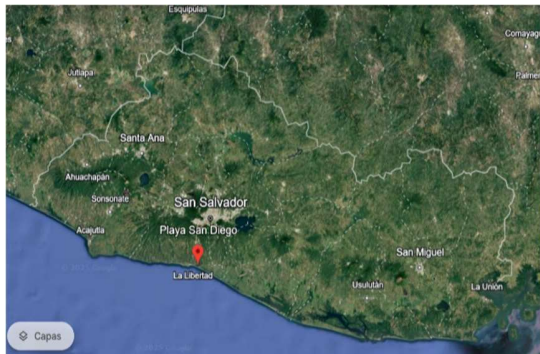


Imagen 11: Ubicación muestra 1 de playa San Diego.

En el Mapa de El Salvador se marcan las canteras que se encuentran en la zona del litoral y zona céntrica de El Salvador, encerrando en un cuadro la cantera de San Diego donde se extrajo la segunda muestra de agregado fino y el agregado grueso.¹⁵



Imagen 12: Ubicación cantera San Diego.

División política administrativa de la microcuenca del río Las Cañas. Ver imagen 13.

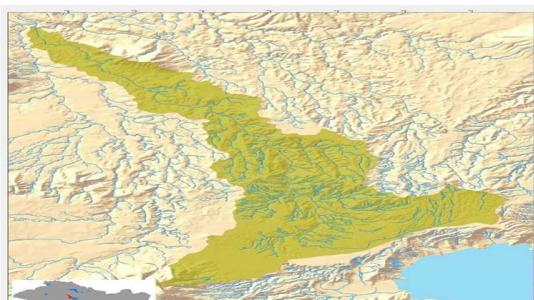


Imagen 13: Ubicación de río las Cañas.

¹⁵ <https://earth.google.com/web/search/canteras+en+el+salvador/@13.73801538,-89.67017759,500.20575523a,318>
<http://www.xeologosdelmundu.org/wp-content/uploads/2015/07/Caracterizacion-diagnostico-Las-Ca%C3%B1as-1.pdf>

Para la realización de ensayos tenemos como parámetro la resistencia a la compresión de 210 kg/cm² a 7, 14, 28 días, se procederá a elaborar 9 mezclas resultantes de la utilización de arena de mar, arena de cantera y arena de río para la resistencia 210 kg/cm². Todos los agregados que conforman cada una de estas mezclas, a excepción del agregado fino agregados gruesos, agua y cemento, poseen las mismas características físicas en cada una de las mezclas, por lo tanto, que la única variable a tomar en cuenta será el tipo de agregado fino arena de mar, arena de cantera y arena de río.

Se trabajará con cemento Holcim, una marca reconocida por su calidad y por cumplir con las normativas nacionales e internacionales en materia de construcción, ASTM¹⁶ C1157 GU¹⁷. Fabricado con base en la norma ASTM C1157 tipo GU (GU = Uso General). Disponible en bolsas de 42.5 kg y a granel, cumple con la norma, como cemento tipo GU; y es obtenido por la molienda conjunta y uniforme de Clinker tipo Portland. Los silicatos de calcio resultantes de la reacción puzolánica actúan como relleno de los poros capilares, generando concretos poco permeables, lo que acentúa su durabilidad y resistencia ante el ataque de sulfatos sustancias nocivas para el concreto.

Para la investigación se emplea un cemento de conformidad ASTM C 1157 Tipo GU, dada que es el cemento de mayor participación en el mercado, se emplea cemento Holcim.

Teniendo en cuenta que ya tenemos empresa con laboratorio incluido en la cual nos encargaremos de la realización de ensayos de los agregados por lo tanto se recolectaron los siguientes materiales.

- ✓ 3 sacos de un quintal, de arena de mar, provenientes de playa San Diego
- ✓ 3 sacos de un quintal, de arena de cantera, proveniente de cantera San Diego
- ✓ 3 sacos de grava de un quintal, proveniente de cantera San Diego
- ✓ 3 bolsas de cemento Holcim de 42.5 kg

¹⁶ (ASTM) Son las siglas, en inglés, de American Society for Testing and Materials

¹⁷ (GU) Uso General

- Visita expedición y recolección de agregados. Ver imagen 14, 15, 16, 17, 18 y 19.



Imagen 14: Extracción de la muestra de arena de mar.



Imagen 15: Toma de muestra de arena de canteras.



Imagen 16: Extracción de la muestra de arena de río.



Imagen 17: Traslado de las muestras al Laboratorio.



Imagen 18: Toma de muestra de grava.



Imagen 19: Cemento GU Holcim Fuerte.

3.2 CONDICIONES DEL LABORATORIO DONDE SE REALIZARON LOS ENSAYOS A LAS MUESTRAS.

Este será el encargado de realizar los ensayos con las propiedades de los agregados recolectados para el desarrollo de la investigación; así como también, la elaboración de las mezclas de concreto se encargará de tomar pruebas en estado más reciente y más solidificado de acuerdo al tiempo estipulado, dichos ensayos se realizarán en el Laboratorio Lagos y Asociados Ingenieros Consultores S.A de C.V – Laboratorio de Suelos y Materiales.

Por lo tanto, técnicos del uso de la instrumentación serán los encargados de realizar dichos ensayos en los cuales estaremos presentes del proceso para colaborar y observar la reacción de los agregados para determinar cambios de las propiedades físicas, al igual que se

monitoreará el estado del concreto según sus ciclos, siempre cumpliendo requisitos de propietarios de la empresa. Ver imagen 20.



Imagen 20: Ubicación Geográfica del Laboratorio.

3.3 PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA MUESTREO DE AGREGADOS NORMA ASTM D75.

Descripción.

Esta práctica cubre el muestreo de agregados gruesos y finos para los siguientes propósitos:

- Investigación preliminar de la fuente potencial de suministro, garantiza resultados confiables por completo.
- Control del producto en la fuente de suministro
- Control de las operaciones en el sitio de uso
- Aceptación o rechazo de los materiales.

Significado y uso.

El muestreo es tan importante como el ensayo, y el muestreador deberá tomar todas las precauciones para obtener muestras que muestren la naturaleza y condición de los materiales que representan.

Las muestras para los ensayos de investigación preliminar son obtenidas por la parte responsable del desarrollo de la fuente potencial.

Obtención de muestras.

General: cuando sea posible, las muestras que se van a analizar para determinar la calidad se obtendrán del producto terminado. Las muestras del producto terminado que se van a analizar para determinar la pérdida por abrasión no se deben triturar ni reducir manualmente el tamaño de las partículas como preparación para la prueba de abrasión, a menos que el tamaño del producto terminado sea tal que requiera una reducción adicional para fines de prueba.

Inspección: el material que se va a muestrear se debe inspeccionar visualmente para determinar variaciones perceptibles. Si se observan variaciones perceptibles, se deben tomar medidas correctivas para establecer la homogeneidad en el material antes del muestreo. Ver imagen 21, 22, 23 y 24.



Imagen 22: Muestra agregado grueso.



Imagen 21: Muestra arena natural.



Imagen 24: muestra arena de cantera.



Imagen 23: muestra arena de mar.

Muestras de envío

Los agregados se deben transportar en bolsas u otros contenedores contruidos de manera que se evite la pérdida o contaminación de cualquier parte de la muestra, o daños al contenido por manipulación incorrecta durante el envío.

Tabla 4: El tamaño mínimo de la muestra de campo.

TAMAÑO DEL AGREGADO	MASA DE LA MUESTRA DE CAMPO Min, kg [lb]	VOLUMEN DE LA MUESTRA DE CAMPO Min, l [gal]
Agregado fino		
2.36 mm [No 8]	10 [22]	8 [2]
4.75 mm [No 4]	10 [22]	8 [2]
Agregado grueso		
9.5 mm [3/8 in.]	10 [22]	8 [2]
12.5 mm [1/2 in.]	15 [35]	12 [3]
19.0 mm [3/4 in.]	25 [55]	20 [5]
25.0 mm [1 in.]	50 [110]	40 [10]
37.5 mm [1½ in.]	75 [165]	60 [15]
50 mm [2 in.]	100 [220]	80 [21]
63 mm [2½ in.]	125 [275]	100 [26]
75 mm [3 in.]	150 [330]	120 [32]
90 mm [3½ in.]	175 [385]	140 [37]

3.4 PRACTICA ESTÁNDAR PARA REDUCCION DE LAS MUESTRAS DE AGREGADOS A TAMAÑO DE PRUEBA NORMA ASTM C 702

Alcance y descripción

Seguir los procedimientos de esta práctica podría resultar en la prestación de una muestra no representativa para ser utilizada en las pruebas posteriores. Los métodos de ensayo individuales proporcionan para la cantidad mínima de material a ensayar. Bajo ciertas circunstancias, no se recomienda la reducción del tamaño de la muestra grande antes de la prueba. Unas diferencias importantes entre las muestras de ensayo seleccionadas a veces no pueden ser evitadas, como, por ejemplo, en el caso de un agregado que tiene relativamente pocas partículas de gran tamaño en la muestra. Las leyes de la probabilidad dictan que estas pocas partículas pueden ser distribuidas de manera desigual entre las muestras de ensayo de tamaño reducido. Del mismo modo, si se examina la muestra de ensayo para ciertos contaminantes que se producen como algunos fragmentos discretos en sólo pequeños porcentajes, se debe tener precaución en la interpretación de los resultados de la muestra de ensayo de tamaño reducido. La probabilidad de inclusión o exclusión de sólo una o dos partículas en la muestra seleccionada podrá ser importante en la interpretación de influencia de las características de la muestra original.

Esta práctica cubre tres métodos para la reducción de grandes muestras de agregado al tamaño apropiado para probar las técnicas que emplean que están destinadas a minimizar las variaciones en las características entre las muestras de modo seleccionado de prueba y la muestra grande.

- Reducir la muestra (método preferido)
- Reduzca el tamaño de las muestras que tienen humedad libre en las superficies de las partículas por cuarteo de acuerdo con el método B
- Tratando como una reserva en miniatura como se describe en el Método C.¹⁸

¹⁸ (ACI) Instituto Americano del Concreto

Procedimiento

- **MÉTODO A – PARTIDOR MECÁNICO**

Colocar la muestra del material original en la tolva o recipiente de alimentación y distribuirla uniformemente de un extremo al otro, de manera que cuando se introduzca en las ranuras, fluyan cantidades aproximadamente iguales a través de cada ranura. Introducir la muestra a una velocidad tal, que le permita fluir libremente a través de las ranuras hasta los receptáculos que están abajo a los lados. Reintroducir la porción de la muestra de uno de los receptáculos al divisor, tantas veces como sean necesario para reducir la muestra al tamaño especificado para el ensayo prescrito.

- **MÉTODO B - CUARTEO**

El equipo debe consistir en un cucharón cuadrado pala o paleta, una escoba o cepillo y una lona de material adecuado (que no permita pérdida del material de muestra) aproximadamente de 2 m por 2.5 m (6 pies por 8 pies).

- **MÉTODO C - Muestreo de una pila miniatura (solamente para agregado fino húmedo)**

El equipo debe consistir en un cucharón cuadrado, una pala o paleta para mezclar el agregado y un muestreador pequeño, un cucharón pequeño o una cuchara de mesa para el muestreo. Ver imagen 25 y 26.



Imagen 25: Cuarteo de la Grava.



Imagen 26: Cuarteo de la arena.

Significado y Uso:

Las especificaciones para agregados requieren el muestreo de material para ensayo. Otros factores tales como muestras más grandes, tienden a ser representativas de la muestra total. Esta práctica proporciona procedimientos para reducir la muestra total obtenida en el campo o producidas en el laboratorio al tamaño conveniente para realizar un número de ensayos para describir el material y medir su calidad de tal manera que la porción de la muestra más pequeña sea representativa de la muestra total suministrada. Las especificaciones para agregados requieren el muestreo de material para ensayo. Otros factores tales como muestras más grandes, tienden a ser representativas de la muestra total.

Método:

Se realiza con el objeto de obtener de una muestra, porciones representativas de tamaño adecuado para efectuar las pruebas de laboratorio que se requieran. Agregado Fino. Las muestras de agregado fino que están en una condición saturada superficialmente secas serán reducidas de tamaño por cuarteo de acuerdo.

3.5. MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD EVAPORABLE DEL AGREGADO POR SECADO NORMA ASTM C566.**Aplicación**

Este método de ensayo cubre la determinación del porcentaje de humedad evaporable en una muestra de agregado secando tanto la humedad superficial como la humedad en los poros del agregado. Algunos áridos pueden contener agua combinada químicamente con los minerales del árido. Dicha agua no es evaporable y no se incluye en el porcentaje determinado por este método de ensayo.

Importancia y uso

Este método de ensayo es suficientemente preciso para los fines habituales, como el ajuste de las cantidades de ingredientes para el hormigón. Por lo general, medirá la humedad de la

muestra de ensayo de forma más fiable de lo que se puede hacer que la muestra represente el suministro de áridos. En los casos en que el propio árido se vea alterado por el calor, o cuando se requiera una medición más refinada, el ensayo deberá realizarse utilizando un horno ventilado de temperatura controlada.

Aparatos

Balanza: una balanza o báscula precisa, legible y sensible dentro del 0,1 % de la carga de prueba en cualquier punto dentro del rango de uso.

Fuente de calor: Un horno ventilado capaz de mantener a temperatura que rodea la muestra a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Recipiente para muestras: recipiente no afectado por el calor, de volumen suficiente para contener la muestra sin peligro de derrame y de forma tal que la profundidad de la muestra no supere un quinto de la dimensión lateral menor.

Procedimiento

Determinar la masa de la muestra con una precisión de 0,1 %.

Seque bien la muestra en el recipiente para muestras mediante la fuente de calor seleccionada, teniendo cuidado de evitar la pérdida de cualquier partícula. Un calentamiento muy rápido puede provocar la explosión de algunas partículas, con la consiguiente pérdida de partículas. Utilice un horno de temperatura controlada cuando el calor excesivo pueda alterar el carácter del agregado, o cuando se requiera una medición más precisa. Si se utiliza una fuente de calor distinta del horno de temperatura controlada, agitar la muestra durante el secado para acelerar la operación y evitar el sobrecalentamiento localizado. Si se utiliza un horno microondas, la agitación de la muestra es opcional.

Cálculo

Calcule el contenido total de humedad evaporable de la siguiente manera:

$$p = 100 (W - D)/D$$

donde:

p = contenido total de humedad evaporable de la muestra, en porcentaje,

W = masa de la muestra original, g, y

D = masa de la muestra seca, g.

El contenido de humedad superficial es igual a la diferencia entre el contenido total de humedad evaporable y la absorción, con todos los valores basados en la masa de una muestra seca.

Ejemplo:

Muestra de agregado fino (arena de cantera o triturada).

P % =?

W = masa de la muestra original (gr)

D = masa de la muestra seca (gr)

Calculo.

P % =?

$$\text{Formula: } P \% = \frac{779.3 \text{ gr} - 735.2 \text{ gr}}{735.2 \text{ gr}} \times 100 \%$$

W = 779.3 gr.

$$P \% = 0.06 \times 100\%$$

D = 735.2 gr.

$$P \% = 6 \%$$

Nota: luego del cálculo realizado para el porcentaje de humedad a la muestra de agregado fino (arena triturada o de cantera) el porcentaje obtenido de humedad es de 6%. Ver imagen 27 y 28.



Imagen 27: Pesaje de agregado fino para cálculo de porcentaje de humedad.



Imagen 28: Pesaje de agregados grueso para cálculo de porcentaje de humedad.

3.6 MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA EL ANÁLISIS POR TAMIZADO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS NORMA APLICABLE: ASTM C136-19

Este método de prueba cubre la determinación de la distribución del tamaño de partículas de agregados finos y gruesos mediante tamizado. Algunas especificaciones para agregados que hacen referencia a este método de prueba contienen requisitos de clasificación que incluyen fracciones gruesas y finas. Se incluyen instrucciones para el análisis de tamiz de dichos agregados. Los valores indicados en unidades SI¹⁹ o en unidades pulgada-libra deben considerarse por separado como estándar. Los valores indicados en cada sistema pueden no ser equivalentes exactos; por lo tanto, cada sistema se utilizará independientemente del otro. Conocer la distancia granulométrica de los tamaños de partículas de una muestra para determinación la graduación del material propuesto para su utilización como agregado²⁰. Los resultados se usan para determinar la conformidad de la distribución del tamaño de partícula con los requisitos de una especificación aplicable y para proveer datos necesarios para el control de la producción de varios productos de agregados y de mezclas que contienen agregados. Los datos también pueden ser útiles para desarrollar relaciones relativas a la porosidad.

¹⁹ (SI) Sistema Ingles

²⁰ <https://pdfcoffee.com/astm-c136-19-pdf-free.html>

Una determinación exacta del material más fino que la malla de 75- μm ²¹ (No. 200) no se puede alcanzar a través del uso solo de este método. Se debe emplear el método de ensayo ASTM C-117 para material más fino que la malla de 75- μm por lavado.

Muestreo:

Muestre el agregado de acuerdo con la Práctica D75. El tamaño de la muestra de campo tiene que ser la cantidad mostrada en la Práctica D75, Mezcle cuidadosamente la muestra de agregado a ser ensayada y reduzca la cantidad a una cantidad apropiada para el ensayo usando los métodos aplicables descritos en la Práctica C702. La muestra para el ensayo tiene que ser aproximadamente la cantidad deseada cuando se encuentra seca y tiene que ser el resultado final de la reducción.

La reducción a una cantidad exacta predeterminada no tiene que estar permitida.

Agregado Fino – El tamaño de la muestra de ensayo, después de secado, tiene que ser de 300g como mínimo.

Tabla 5: Tamaño de la muestra de ensayo.

Tamaño máximo nominal, aberturas cuadradas, mm (pulg.)	Tamaño de la muestra de prueba, mín., kg [lb]
9.5 ($\frac{3}{8}$)	1 [2]
12.5 ($\frac{1}{2}$)	2 [4]
19.0 ($\frac{3}{4}$)	5 [11]
25.0 (1)	10 [22]
37.5 (1 $\frac{1}{2}$)	15 [33]
50 (2)	20 [44]
63 (2 $\frac{1}{2}$)	35 [77]
75 (3)	60 [130]
90 (3 $\frac{1}{2}$)	100 [220]
100 (4)	150 [330]
125 (5)	300 [660]

²¹ Cantidad de una sustancia equivalente a una millonésima de mol

Mezclas de Agregado Fino y Grueso – El tamaño de la muestra de ensayo de mezclas de agregado fino y grueso tiene que ser la misma.

Muestras de Agregado Grueso de Tamaño Grande – El tamaño de la muestra requerida para agregados con tamaño máximo nominal de 50-mm [2-pulg.] o mayor es tal como para descartar la conveniente reducción de la muestra y de ensayo como una unidad excepto con cuarteadores mecánicos grandes y con agitadores mecánicos grandes. Como una opción cuando este equipo no está disponible, en vez de combinar y mezclar incrementos de muestra y luego reducir la muestra de campo a tamaño de ensayo, se realiza el análisis de mallas en un número aproximadamente igual a los incrementos de muestra tal que la masa total ensayada cumpla con el requisito de norma.

En el caso de que se vaya a determinar a través del Método de Ensayo ASTM C-117 la cantidad de material más fino que la malla de 75- μ m (No. 200), proceda como se indica a continuación:

Para agregados con un tamaño máximo nominal de 12.5 mm [$\frac{1}{2}$ pulg.] o menor, use la misma muestra de ensayo para ensayar a través del Método de Ensayo ASTM C-117 y de este método de ensayo. Primero ensaye la muestra conforme al Método de Ensayo ASTM C-117 hasta la operación de secado final, luego tamice en seco la muestra tal como se estipula en este método de ensayo.

Procedimiento:

Seque la muestra a masa constante a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ [$230 \pm 9^{\circ}\text{F}$].

Seleccione las mallas con aberturas apropiadas para proporcionar la información requerida por las especificaciones que cubren el material que se ensayará. Use mallas adicionales como se desee o como sea necesario para proporcionar otra información, tales como el módulo de finura, o para regular la cantidad de material sobre una malla. Acople las mallas en orden decreciente con respecto al tamaño de la abertura desde la malla superior hasta la malla inferior, y luego coloque la muestra sobre la malla superior. Agite las mallas manualmente o a través de un equipo mecánico por un periodo suficiente, establecido por pruebas o revisado a través de mediciones sobre la muestra de ensayo real, para cumplir con el criterio de idoneidad del tamizado.

Limite la cantidad de material sobre una malla dada de manera que todas las partículas tengan la oportunidad de alcanzar la abertura de la malla un número de veces durante la operación de tamizado. Para mallas con aberturas menores a 4.75- mm (No. 4), la cantidad retenida sobre cualquier malla al finalizar la operación de tamizado no tiene que exceder los 7 kg/m² del área superficial de tamizado. Para las mallas con abertura de 4.75-mm (No. 4) o mayores, la cantidad retenida en kg no tiene que exceder el producto de 2.5 x (abertura de la malla, mm x (área de tamizado efectiva, m²)). Esta cantidad se muestra en la Tabla 1 para cinco dimensiones de malla-marco de uso común. En ningún caso la cantidad retenida tiene que ser tan grande como para causar deformación permanente de la tela de la malla.

Evite una sobrecarga de material sobre una malla individual a través de uno o una combinación de los siguientes métodos:

Inserte una malla adicional con un tamaño de abertura intermedio entre la malla que pudiera estar sobrecargada y la malla inmediatamente por encima de esa malla en el conjunto original de mallas.

Separe la muestra en dos o más porciones, tamizando cada porción de manera individual. Combine las masas de las tantas porciones retenidas sobre una malla específica antes de calcular el porcentaje de la muestra sobre la malla. Ver imagen 29 y 30.

Proceso de tamizador mecánico por medio del Rotap.



Imagen 29: Proceso de tamizado.



Imagen 30: Pesando material de todos los tamizados.

Use mallas que tengan un marco más grande y que provean un área de tamizado más grande. Los 7 kg/m² equivalen a 200 g para la malla usual con diámetro de 203-mm [8- pulg.] (Con un diámetro de superficie de tamizado efectivo de 190.5 mm [7.5 pulg.]).

Continúe tamizando por un periodo suficiente de tal manera que, después de completar, no más de 1% en masa del material retenido sobre cualquier malla individual pasará esa malla durante 1 minuto de tamizado manual continuo realizado como se indica a continuación: sujete con una mano la malla individual, con un fondo y tapadera acoplada, en una posición ligeramente inclinada.

Golpee a un lado de la malla fuertemente y con un movimiento hacia arriba contra la base de la otra mano a una razón de aproximadamente 150 veces por minuto, gire la malla aproximadamente un sexto de una revolución a intervalos de aproximadamente 25 golpes. Para determinar suficiencia en el tamizado, para tamaños más grandes que la malla de 4.75- mm (No. 4), limite el material sobre la malla a una sola capa de partículas.

Si el tamaño de las mallas de ensayo acopladas hace el movimiento de tamizado descrito impráctico, use mallas con diámetro de 203-mm [8 pulg.] para verificar la suficiencia del tamizado.

A menos de que se emplee un agitador de mallas mecánico, tamice a mano las. Partículas más grandes de 75 mm [3 pulg.] determinando la abertura de malla más pequeña a través de la cual cada partícula pasará. Empiece el ensayo con la malla más pequeña que se usará. Rote las partículas, si fuera necesario, con el fin de determinar si pasarán a través de una abertura particular; no obstante, no fuerce partículas a pasar a través de una abertura.

Determine la masa de cada incremento de tamaño sobre una báscula o balanza que cumpla los requisitos especificados al 0.1% más próximo del total de la masa seca de la muestra original. La masa total del material después de tamizar se debe verificar que sea cercana a la masa original de la muestra colocada sobre las mallas. Si la cantidad difiere por más del 0.3 por ciento, basado en la masa seca de la muestra original, los resultados no se deben usar para propósitos de aceptación.

Si la muestra ha sido ensayada previamente a través del método de ensayo ASTM C-117, agregue la masa más fina que la malla de 75- μ m (No. 200) determinada a través de ese método de ensayo a la masa que pasa la malla de 75- μ m (No. 200) por secado en seco de la misma muestra en este método de ensayo.

Calcule el módulo de finura, cuando sea requerido, sumando los porcentajes totales de material en la muestra que sea más gruesa que cada una de las siguientes mallas (porcentajes retenidos acumulados), y dividiendo la suma entre 100; 150 μm (No. 100), 300 μm (No. 50), 600 μm (No. 30), 1.18 mm (No. 16), 2.36 mm (No. 8), 4.75 mm (No. 4), 9.5 mm ($\frac{3}{8}$ pulg.), 19.0 mm ($\frac{3}{4}$ pulg.), 37.5 mm ($1\frac{1}{2}$ pulg.) y mayores incrementando a una razón de 2 a 1.

Ejemplo:

Se tomó de muestra de agregado fino (arena triturada) para el desarrollo del análisis granulométrico.

Tabla 6: Masa retenida por malla-Análisis Granulométrico (Ver anexo 1)

SOLICITANTE: UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA (UTLA)					
PROCEDENCIA: CANtera DE SAN DIEGO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD, EL SALVADOR					
MATERIAL: ARENA TRITURADA					
FECHA DE ENSAYO: 21/11/2024					
TEC. RESPONSABLE: RAFAEL HERIBERTO MONTERROSA					
PESO INICIAL: 1200 gramos				MF= 3.22	
Malla (mm)	Peso Ret-Parcial (g)	% Ret. Parcial	% Ret. Acum.	% Que Pasa	Malla (pul)
9,500	0.0	0.0	0.0	100.0	3/8"
4,750	42.4	3.5	3.5	96.5	# 4
2,360	335.9	28.0	31.5	68.5	# 8
1,180	274.9	22.9	54.4	45.6	# 16
0,600	181.1	15.1	69.5	30.5	# 30
0,300	112.1	9.3	78.9	21.1	# 50
0,150	66.1	5.5	84.4	15.6	# 100
0,075	46.2	3.9	88.2	11.8	# 200
Fondo	141.3	11.8	100		
TOTALES	1200				

Datos:

MIS: 1200.0 gr

- **Cálculo de porcentaje retenido.**

$\% \text{Retenido} = (\text{PRP} / \text{MIS}) \times 100$

%Ret: Porcentaje Retenido por malla

MIS: Masa Inicial Seco

PRP: Peso Retenido Parcial

Sustituyendo:

%Ret (9,5 mm): $(0 \text{ g} / 1200 \text{ g}) \times 100$

%Ret (9,5 mm): 0.0 %

%Ret (4,75 mm): $(42.4 \text{ g} / 1200 \text{ g}) \times 100$

%Ret (4,75 mm): 3.5 %

%Ret (2,36 mm): $(335.9 \text{ g} / 1200 \text{ g}) \times 100$

%Ret (2,36 mm): 28 %

%Ret (0,300 mm): $(112.1 \text{ g} / 1200 \text{ g}) \times 100$

%Ret (0,300 mm): 9.30 %

%Ret (0,075 mm): $(46.2 \text{ g} / 1200 \text{ g}) \times 100$

%Ret (0,075 mm): 3.9 %

- **Calculo % retenido Acumulado**

Sume el % retenido de la malla actual más el % retenido acumulado anterior.

Sustituyendo:

% Ret Acumulado (4,75 mm): 3.5 % + 0 %

% Ret Acumulado (4,75 mm): 3.5 %

% Ret Acumulado (2,36 mm): 28.0 % + 3.5 %

% Ret Acumulado (2,36 mm): 31.5 %

% Ret Acumulado (0,300 mm): 69.5 % + 9.3 %

% Ret Acumulado (0,300 mm): 78.9 %

% Ret Acumulado (0,075 mm): 84.4 % + 3.9 %

% Ret Acumulado (0,075 mm): 88.2 %

% Ret Acumulado (fondo): 88.2 % + 11.8 %

% Ret Acumulado (fondo): 100 %

- **Calculo % pasando**

Para el cálculo de % pasando Reste 100% menos el % retenido acumulado en cada malla.

Sustituyendo:

% Pasando (9,5 mm): 100 % - 0.0 %

% Pasando (9,5 mm): 100 %

% Pasando (4,75 mm): 100 % - 3.5 %

% Pasando (4,75 mm): 96.5 %

% Pasando (2,36 mm): 100 % - 31.5 %

% Pasando (2,36 mm): 68.5 %

% Pasando (0,300 mm): 100 % - 78.9 %

% Pasando (0,300 mm): 21.1 %

% Pasando (0,075 mm): 100 % - 88.2 %

% Pasando (0,075 mm): 11.8 %

Nota: el ejemplo se basa en resultados obtenidos en laboratorio al agregado fino (arena triturada).

Tabla 7: Masa retenida por malla-Análisis Granulométrico. (Ver anexo 2)

SOLICITANTE: UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA (UTLA)					
PROCEDENCIA: PLAYA SAN DIEGO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD, EL SALVADOR					
MATERIAL: ARENA DE MAR					
FECHA DE ENSAYO: 21/11/2024					
TEC. RESPONSABLE: RAFAEL HERIBERTO MONTERROSA					
PESO INICIAL: 500 gramos				MF= 1.44	
Malla (mm)	Peso Ret-Parcial (g)	% Ret. Parcial	% Ret. Acumu	% Que Pasa	Malla (pul)
9,500	0.0	0.0	0.0	100.0	3/8"
4,750	0.0	0.0	0.0	100.0	# 4
2,360	0.0	0.0	0.0	100.0	# 8
1,180	0.4	0.1	0.1	99.9	# 16
0,600	5.4	1.1	1.2	98.8	# 30
0,300	254.5	50.9	52.2	47.9	# 50
0,150	192.7	38.5	90.6	9.4	# 100
0,075	41.6	8.3	98.9	1.1	# 200
Fondo	5.4	1.1	100		
TOTALES	500				

Tabla 8: Masa retenida por malla-Análisis Granulométrico. (Ver anexo 3)

SOLICITANTE: UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA (UTLA)					
PROCEDENCIA: RÍO LAS CAÑAS, DEPARTAMENTO DE SAN SALVADOR, EL SALVADOR					
MATERIAL: ARENA NATURAL					
FECHA DE ENSAYO: 21/11/2024					
TEC. RESPONSABLE: RAFAEL HERIBERTO MONTERROSA					
PESO INICIAL: 822 gramos				MF= 1.97	
Malla (mm)	Peso Ret- Parcial (g)	% Ret. Parcial	% Ret. Acumu	% Que Pasa	Malla (pul)
9,500	0.0	0.0	0.0	100.0	3/8"
4,750	23.1	2.8	2.8	97.2	# 4
2,360	53.3	6.5	9.3	90.7	# 8
1,180	70.0	8.5	17.8	82.2	# 16
0,600	101.3	12.3	30.1	69.9	# 30
0,300	245.7	29.9	60.0	40.0	# 50
0,150	136.7	16.6	76.7	23.3	# 100
0,075	93.7	11.4	88.1	11.9	# 200
Fondo	98.2	11.9	100.0		
TOTALES	822.0				

Tabla 9: Masa retenida por malla-Análisis Granulométrico. (Ver anexo 4)

SOLICITANTE: UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA (UTLA)					
PROCEDENCIA: CANtera DE SAN DIEGO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD, EL SALVADOR					
MATERIAL: GRAVA 3/4"					
FECHA DE ENSAYO: 21/11/2024					
TEC. RESPONSABLE: RAFAEL HERIBERTO MONTERROSA					
PESO INICIAL: 3000 gramos				MF= ----	
Malla (mm)	Peso Ret- Parcial (g)	% Ret. Parcial	% Ret. Acumu	% Que Pasa	Malla (pul)
25,4	0.0	0.0	0.0	100.0	1"
19	557.1	18.57	18.57	81.4	3/4 "
12.5	1397.3	46.58	65.15	34.85	1/2 "
9.5	439.1	14.64	79.78	20.22	3/8 "
4.75	506.1	16.87	96.65	3.35	# 4
Fondo	100.4	3.35	100		
TOTALES	3000	100			

3.7. MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA MATERIALES MÁS FINOS QUE EL TAMIZ 75 MM (NO. 200) EN AGREGADO MINERAL POR MEDIO DE LAVADO NORMA APLICABLE ASTM C117-17

Alcance.

Este método de ensayo cubre la determinación la cantidad de material más fino que una malla de 75 mm (No. 200) en agregados por lavado. Las partículas de arcilla y otras partículas de agregado que se dispersan por el agua de lavado, así como los materiales solubles al agua, se removerán durante el ensayo.

Se incluyen dos procedimientos, uno solo empleando agua para la operación de lavado, y otra que incluye un agente humectante que ayuda a que el material más fino que la malla de 75 mm (No. 200) se suelte del material más grueso.

Método de ensayo.

Una muestra de agregado se lava de una forma prescrita, usando ya sea agua corriente o agua que contenga un agente humectante, como se especifica. El agua de lavado decantada que contiene material disuelto y suspendido, se pasa a través de una malla de 75 mm (No 200). La pérdida de masa que resulta del tratamiento de lavado se calcula con un porcentaje de masa de la muestra original y se reporta como el material más fino que la malla de 75 mm (No. 200) por lavado. Ver imagen 31 y 32.



Imagen 31: Lavado de material más fino.



Imagen 32: Lavado de material más fino por medio de mallas.

- Balanza
- Mallas
- Contenedor
- Horno
- Agente humectante

Muestreo

Muestree el agregado de acuerdo con la práctica D75. Si la misma muestra de ensayo será ensayada para análisis de mallas conforme al método de ensayo C136, obedezca los requisitos aplicables de ese método.

Mezcle cuidadosamente la muestra de agregado a ser ensayada y reduzca la cantidad a una cantidad apropiada para el ensayo usando los métodos aplicables descritos en la práctica C702. Si la misma muestra de ensayo será ensayada de acuerdo con el método de ensayo C136, la masa mínima será la descrita en las secciones aplicables de ese método. De lo contrario, la masa de la muestra de ensayo, después de secado, cumplirá con lo siguiente: ²²

Tabla 10: Tamaño de la muestra según masa.

Tamaño máximo nominal	Masa mínima (g)
4.75 mm (No. 4) o más pequeña	300
Más grande que 4.75 mm (No. 4) hasta 9.5 mm (¾ pulg)	1000
Más grande que 9.5 mm (¾ pulg) hasta 19.0 mm (¾ pulg)	2500
Más grande que 19.0 mm (¾ pulg)	5000

²² <https://es.scribd.com/document/415718898/ASTM-C117-17-E>

Cálculo:

Calcule la cantidad de material que pasa la malla de 75 mm (No. 200) por lavado como sigue:

$$\% A = [(B - C) / B] \times 100$$

Donde:

% A = porcentaje de material más fino que una malla de 75 mm (No. 200) por lavado

B = masa seca original de la muestra, g.

C = masa seca de la muestra después del lavado, g.

Ejemplo:

Se toma como ejemplo los ensayos realizados en laboratorio al agregado fino (arena de mar).

% A = ?

B = 567.10 gr

C = 500.00 gr

Sustituyendo:

$$\% A = [(B - C) / B] \times 100$$

$$\% A = [(567.10 \text{ gr} - 500.00 \text{ gr}) / 567.10 \text{ gr}] \times 100$$

$$\% A = 11.83 \%$$

Nota: de la muestra de agregado fino (arena de mar) llevada al laboratorio el porcentaje que pasa la malla de 75 mm (No. 200) es de 11.83%.

3.8. MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DENSIDAD APARENTE “PESO UNITARIO” Y HUECOS EN EL AGREGADO NORMA ASTM C29

Alcance

Este método de prueba cubre la determinación de la densidad aparente (“peso unitario”) del agregado en estado compactado o suelto, y los espacios vacíos calculados entre partículas en agregados finos, gruesos o mixtos en base a la misma determinación. Este método de prueba es aplicable a agregados que no excedan los 125 mm (5 in.) de tamaño máximo nominal.

Significado y uso

Este método de prueba se utiliza a menudo para determinar valores de densidad aparente que son necesarios para muchos métodos de selección de proporciones para mezclas de hormigón. La densidad aparente también puede utilizarse para determinar relaciones masa/volumen para conversiones en acuerdos de compra. Sin embargo, se desconoce la relación entre el grado de compactación de los agregados en una unidad de transporte o acopio y el logrado en este método de prueba. Además, los agregados en unidades de transporte y acopios generalmente contienen humedad absorbida y superficial (esta última afecta el volumen), mientras que este método de prueba determina la densidad aparente en base seca.

Se incluye un procedimiento para calcular el porcentaje de vacíos entre las partículas de agregado en función de la densidad aparente determinada por este método de prueba.

Aparato

Balanza: una balanza o báscula con una precisión de 0,05 kg [0,1 lb] o de 0,1 % de la carga de prueba, lo que sea mayor, en cualquier punto dentro del rango de uso. Se considerará que el rango de uso se extiende desde la masa de la medida vacía hasta la masa de la medida más su contenido a 1920 kg/m³ [120 lb/ft³].

Varilla de apisonamiento: una varilla de acero redonda y lisa con un diámetro de 16 ± 2 mm [5/8 ± 1/16 in.]. La longitud de la varilla de apisonamiento deberá ser al menos 100 mm [4 in.] mayor que la profundidad de la medida o el molde en el que se está realizando el apisonado, pero no mayor que 750 mm [30 in.] de longitud total (ver Nota 2). La varilla deberá tener el extremo de apisonamiento, o ambos extremos, redondeados hasta una punta hemisférica del mismo diámetro que la varilla. La varilla deberá ser recta en toda su longitud con una tolerancia del 0,5 % de su longitud.

Medida: Un recipiente cilíndrico hecho de acero u otro metal adecuado que cumpla con los requisitos de esta sección, preferiblemente provisto de asas. La medida deberá ser hermética y lo suficientemente rígida para mantener su forma bajo un uso rudo. La medida deberá tener una altura de al menos el 80 % y no más del 150 % del diámetro.

Tabla 11: Capacidad de medidas

Tamaño máximo nominal del agregado		Capacidad de medida	
Tamaño del agregado			
mm	in.	m ³ [L]	ft ³
12.5	½	0.0028[2.8]	⅓ ₁₀
25.0	1	0.0093 [9.3]	⅓
37.5	1½	0.014 [14]	½
75	3	0.028 [28]	1
100	4	0.070[70]	2½
125	5	0.100 [100]	3½

Tabla 12: Requisitos para las medidas.

Unidad	Capacidad de Medida	Inferior	Espesor de Metal, mín.	
			Superior 38 mm o 1½ pulg. de pared	Resto de pared
SI	Menos de 11 L	5.00 mm	2.5 mm	2.5mm
	De 11 a 42 L, incl.	5.00 mm	5.00 mm	3.0 mm
	Más de 42 a 80 L, incl.	10.00 mm	6.4 mm	3.8 mm
	Más de 80 a 133 L, incl.	13.00 mm	7.6 mm	5.0 mm
Pulgada-libra	Menos de 0,4 ft ³	0.20 in.	0.10 in.	0.10 in.
	0,4 ft ³ a 1,5 ft ³ , incl.	0.20 in.	0.20 in.	0.12 in
	más de 1,5 a 2,8 ft ³ , incl.	0.40 in.	0.25 in	0.15 in
	más de 2,8 a 4,0 ft ³ , incl.	0.50 in	0.30 in.	0.20 in

Las medidas con una capacidad mayor a la nominal de 28 L [1 ft³] deberán estar hechas de acero.

Pala o cucharón: una pala o cucharón de tamaño conveniente para llenar la medida con agregado.

Equipo para medir el volumen de la medida:

Vidrio plano: un trozo de vidrio plano, de al menos 6 mm [1/4 pulgada] de espesor y al menos 25 mm [1 pulgada] más grande que el diámetro de la medida a calibrar.

Grasa: un suministro de grasa para bomba de agua, chasis o similar.

Termómetro: un termómetro que tenga un rango de al menos 10 a 32 °C [50 a 90 °F] y que sea legible a al menos 0,5 °C [1 °F].

Balanza: una balanza.

Muestra de prueba.

El tamaño de la muestra será aproximadamente del 125 al 200 % de la cantidad requerida para llenar la medida, y se deberá manipular de manera que se evite la segregación. Seque la muestra de agregado hasta obtener una masa prácticamente constante, preferiblemente en un horno a 110 ± 5 °C [230 ± 9 °F]. Ver imagen 33.



Imagen 33: Peso unitario agregado fino.

Cálculo

Densidad aparente: Calcule la densidad aparente para el procedimiento de vara, punteo o palado de la siguiente manera:

$$M = (G-T) / V (1) \text{ o } M = (G-T) \times F (2)$$

donde:

M = densidad aparente del agregado, kg/m³ [lb/ft³],

G = masa del agregado más la medida, kg [lb],

T = masa de la medida, kg [lb],

V = volumen de la medida, m³ [ft³], y

F = factor para la medida, m⁻³[ft⁻³].

La densidad aparente determinada por este método de prueba es para agregado en condición seca al horno. Si se desea conocer la densidad aparente en términos de condición de superficie saturada y seca (SSD), utilice el procedimiento exacto de este método de prueba y luego calcule la densidad aparente de SSD utilizando la siguiente fórmula:

$$M_{ssd} = M[1 + (A/100)] \quad (3)$$

dónde:

M_{SSD} = densidad aparente en condición SSD, kg/m³ [lb/ft³], y

A = % de absorción, determinado de acuerdo con el método de prueba C127 o el método de prueba C128.

Contenido de huecos.

Calcule el contenido de huecos en el agregado utilizando la densidad aparente determinada por el procedimiento de varillado, punzonado o palado, de la siguiente manera:

$$\%Huecos = 100[(S \times W) - M] / (S \times W)$$

dónde:

M = densidad aparente del agregado, kg/m³ [lb/ft³],

S = gravedad específica aparente (base seca) determinada de acuerdo con el método de prueba C127 o el método de prueba C128, y

W = densidad del agua, 998 kg/m³ [62,3 lb/ft³].

Volumen de la medida.

Calcule el volumen de una medida de la siguiente manera:

$$V = (W - M) / D \quad (5)$$

$$F = D / (W - M) \quad (6)$$

dónde:

V = volumen del vaso de medida, m³ [ft³]

W = masa del agua, del vaso de vidrio y del vaso de medida, kg [lb]

M = masa del vaso de vidrio y del vaso de medida, kg [lb]

D = densidad del agua para la temperatura medida, kg/m³ [lb/ft³], y

F = factor del vaso de medida, 1/m³ [1/ft³].

Ejemplo:**Tabla 13: Peso Unitario Suelto. (Ver anexo 1)**

SOLICITANTE: UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA (UTLA)					
PROCEDENCIA: CANtera DE SAN DIEGO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD, EL SALVADOR					
MATERIAL: ARENA TRITURADA					
FECHA DE ENSAYO: 21/11/2024					
TEC. RESPONSABLE: RAFAEL HERIBERTO MONTERROSA					
PESO UNITARIO SUELTO Kg/m³					
Molde N°	Tamaño Nominal de la Muestra	Diámetro del molde en (cm)	Altura del molde (cm)	Peso del molde (g)	Peso volumétrico (kg/m ³)
N°- 001	3/8"	15.20	15.20	2719.0	2758.10

Ensayo N°	Peso de muestra + molde (g)	Peso del molde (g)	Peso neto (g)	Volumen del molde (cm ³)	Peso volumétrico (kg/m ³)
N°- 001	7240.0	2719.0	4521.0	2758.1	1639.2
N°- 002	7224.0	2719.0	4505.0	2758.1	1633.4
N°- 003	7252.0	2719.0	4533.0	2758.1	1643.5
				PROMEDIO = 1638.7 (Kg/m³)	

Cálculo de porcentaje (%) de vacíos interpartículas**Formula:**

$$\% \text{ Vacíos} = 100 \times [(S \times W) - M] / (S \times W)$$

Donde:

S = Gravedad específica seca Bulk de acuerdo a ASTM C 127. 2.408 (gr/cm³)

W = Densidad del agua a 23° C según tabla N° 03 AASHTO T 19M. 997.54 (kg/m³)

M = Peso volumétrico suelto AASHTO T 19M. 1638.7 (kg/m³)

Calculando:

$$\% Vac. = 100 \times [(2408 \text{ kg/m}^3 \times 997.54 \text{ kg/m}^3) - 1638.7 \text{ kg/m}^3] / (2408 \text{ kg/m}^3 \times 997.54 \text{ kg/m}^3)$$

$$\% Vac. = 31.8$$

Tabla 14: Peso unitario compactado. (Ver anexo 1)

SOLICITANTE: UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA (UTLA)					
PROCEDENCIA: CANtera DE SAN DIEGO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD, EL SALVADOR					
MATERIAL: ARENA TRITURADA					
FECHA DE ENSAYO: 21/11/2024					
TEC. RESPONSABLE: RAFAEL HERIBERTO MONTERROSA					
PESO UNITARIO COMPACTADO Kg/m³					
Molde N°	Tamaño Nominal de la Muestra	Diámetro del molde en (cm)	Altura del molde (cm)	Peso del molde (g)	Peso volumétrico (kg/m ³)
N°- 001	3/8"	15.20	15.20	2719.0	2758.10

Ensayo N°	Peso de muestra + molde (g)	Peso del molde (g)	Peso neto (g)	Volumen del molde (cm ³)	Peso volumétrico (kg/m ³)
N°- 001	7771.0	2719.0	5052.0	2758.1	1831.7
N°- 002	7791.0	2719.0	5072.0	2758.1	1838.9
N°- 003	7782.0	2719.0	5063.0	2758.1	1835.7
PROMEDIO = 1835.4 (Kg/m³)					

Cálculo de porcentaje (%) de vacíos interpartículas

Formula:

$$\% Vacíos = 100 \times [(S \times W) - M] / (S \times W)$$

Donde:

S = Gravedad específica seca Bulk de acuerdo a ASTM C 127.

2.408 (gr/cm³)

W = Densidad del agua a 23° C según tabla N° 03 AASHTO T 19M 997.54 (kg/m³)

M = Peso volumétrico suelto AASHTO T 19M 1835.4 (kg/m³)

Calculando:

$\% Vac. = 100 \times [(2.408 \text{ gr/m}^3 \times 997.54 \text{ kg/m}^3) - 1835.4 \text{ kg/m}^3] / (2.408 \text{ gr/m}^3 \times 997.54 \text{ kg/m}^3)$

$\% Vac. = 23.6$

3.9. MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y LA ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO NORMA APLICABLE: ASTM C127-15.

Alcance

Este método de ensayo cubre la determinación de la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción de agregados gruesos. La densidad relativa (gravedad específica), una cantidad adimensional, se expresa como densidad seca al horno (OD), densidad saturada superficialmente seca (SSD) o como densidad relativa aparente (gravedad específica aparente). La densidad relativa OD se determina después de secar el agregado. La densidad relativa SSD y la absorción se determinan después de remojar el agregado en agua durante un período prescrito.

Método de prueba.

Se sumerge una muestra de agregado en agua durante 24 ± 4 h para llenar esencialmente los poros. Luego se retira del agua, se seca el agua de la superficie de las partículas y se determina la masa. Posteriormente, se determina el volumen de la muestra mediante el método de desplazamiento de agua. Finalmente, la muestra se seca en horno y se determina la masa.

Significado y uso.

La densidad relativa (gravedad específica) es la relación entre la masa de un agregado y la masa de un volumen de agua igual al volumen de las partículas del agregado, también denominada volumen absoluto del agregado. También se expresa como la relación entre la densidad de las partículas del agregado y la densidad del agua. Se hace una distinción entre la densidad de las partículas del agregado y la densidad aparente de los agregados, tal como

se determina mediante el método de prueba C29/C29M, que incluye el volumen de huecos entre las partículas de los agregados.

La densidad relativa se utiliza para calcular el volumen ocupado por el agregado en varias mezclas que contienen agregado, incluido el hormigón de cemento hidráulico, el hormigón bituminoso y otras mezclas que se dosifican o analizan sobre una base de volumen absoluto. La densidad relativa (gravedad específica) también se utiliza en el cálculo de huecos en el agregado en el método de prueba C29/ C29M. La densidad relativa (gravedad específica) (SSD) se utiliza si el agregado se encuentra en una condición de superficie seca saturada, es decir, si se ha satisfecho su absorción. Alternativamente, la densidad relativa (gravedad específica) (OD) se utiliza para los cálculos cuando el agregado está seco o se supone que está seco.

La densidad relativa aparente (gravedad específica) se refiere al material sólido que compone las partículas constituyentes, sin incluir el espacio poroso dentro de las partículas que es accesible al agua.

Los valores de absorción se utilizan para calcular el cambio en la masa de un agregado debido al agua absorbida en los espacios porosos dentro de las partículas constituyentes, en comparación con la condición seca, cuando se considera que el agregado ha estado en contacto con el agua el tiempo suficiente para satisfacer la mayor parte del potencial de absorción.

El estándar de laboratorio para la absorción es el que se obtiene después de sumergir el agregado seco durante un período de tiempo prescrito. Los agregados extraídos de debajo del nivel freático comúnmente tienen un contenido de humedad mayor que la absorción determinada por este método de prueba, si se usan sin la oportunidad de secarlos antes de su uso. Por el contrario, es probable que algunos agregados que no se han mantenido continuamente en una condición húmeda hasta su uso contengan una cantidad de humedad absorbida menor que la condición de remojo de 24 horas.

Para un agregado que ha estado en contacto con agua y que tiene humedad libre en las superficies de las partículas, el porcentaje de humedad libre se determina deduciendo la absorción del contenido total de humedad determinado por el método de ensayo C566.

Los procedimientos generales descritos en este método de ensayo son adecuados para determinar la absorción de agregados que han tenido un acondicionamiento diferente al remojo de 24 horas, como agua hirviendo o saturación al vacío. Los valores obtenidos para la absorción por otros métodos de ensayo serán diferentes a los valores obtenidos por el remojo prescrito, al igual que la densidad relativa (gravedad específica) (SSD).

Aparato

Balanza: un dispositivo para determinar la masa que sea sensible, legible y preciso hasta el 0,05 % de la masa de la muestra en cualquier punto dentro del rango utilizado para esta prueba, o 0,5 g, lo que sea mayor. La balanza deberá estar equipada con un aparato adecuado para suspender el recipiente de la muestra en agua desde el centro de la plataforma o plato de la balanza.

Recipiente de la muestra: una canasta de alambre de 3,35 mm (n.º 6) o de malla más fina, o un balde de aproximadamente igual ancho y altura, con una capacidad de 4 a 7 L para agregados de tamaño máximo nominal de 37,5 mm (1½ pulg.) o más pequeños, y un recipiente más grande según sea necesario para probar agregados de tamaño máximo más grande. El recipiente deberá construirse de manera que se evite que quede aire atrapado cuando se sumerja.

Tanque de agua: un tanque hermético en el que se coloca el recipiente de la muestra mientras está suspendido debajo de la balanza. 6.4 Tamices: un tamiz de 4,75 mm (n.º 4) u otros tamaños según sea necesario (consulte 7.2 a 7.4), de conformidad con la Especificación. Horno: un horno de tamaño suficiente, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).

Muestreo

Muestrear el agregado de acuerdo con la Práctica D75. 7.2 Mezclar completamente la muestra de agregado y reducirla a la cantidad aproximada necesaria utilizando los procedimientos aplicables en la Práctica C702. Rechazar todo el material que pase por un tamiz de 4,75 mm (N.º 4) tamizándolo en seco y lavando completamente para eliminar el polvo u otros recubrimientos de la superficie. Si el agregado grueso contiene una cantidad sustancial de material más fino que el tamiz de 4,75 mm (como para los agregados de tamaño

N.º 8 y 9 en la Clasificación D448), utilizar el tamiz de 2,36 mm (N.º 8) en lugar del tamiz de 4,75 mm. Alternativamente, separar el material más fino que el tamiz de 4,75 mm y probar el material más fino de acuerdo con el Método de prueba C128.

La masa mínima de la muestra de ensayo que se utilizará se indica a continuación. Se permite el ensayo del agregado grueso en varias fracciones de tamaño. Si la muestra contiene más del 15 % retenido en el tamiz de 37,5 mm (1 1/2 pulg.), ensaye el material de más de 37,5 mm en una o más fracciones de tamaño por separado de las fracciones de tamaño más pequeñas. Cuando se ensaya un agregado en fracciones de tamaño separadas, la masa mínima de la muestra de ensayo para cada fracción debe ser la diferencia entre las masas prescritas para los tamaños máximo y mínimo de la fracción.

Tabla 15: Tamaño de muestra para la gravedad específica y adsorción.

Tamaño máximo nominal, mm (in.)	Masa mínima de la muestra de prueba, kg (lb)
12.5 (½) o menos	2 (4.4)
19.0 (¾)	3 (6.6)
25.0 (1)	4 (8.8)
37.5 (1½)	5 (11)
50 (2)	8 (18)
63 (2½)	12 (26)
75 (3)	18 (40)
90 (3½)	25 (55)
100 (4)	40 (88)
125 (5)	75 (165)

Si la muestra se analiza en dos o más fracciones de tamaño, determine la clasificación de la muestra de acuerdo con el método de ensayo C136, incluidos los tamices utilizados para separar las fracciones de tamaño para las determinaciones en este método. Al calcular el porcentaje de material en cada fracción de tamaño, ignore la cantidad de material más fino que el tamiz de 4,75 mm (n.º 4) (o el tamiz de 2,36 mm (n.º 8) cuando ese tamiz se utiliza de acuerdo con 7.2). Ver imagen 34 y 35.



Imagen 35: Secado de la muestra.



Imagen 34: Pesado de la muestra.

Procedimiento

Secar la muestra de ensayo en el horno hasta una masa constante a una temperatura de 110 ± 5 °C, enfriar al aire a temperatura ambiente durante 1 a 3 h para muestras de ensayo de tamaño máximo nominal de 37,5 mm (1½ pulg.), o más tiempo para tamaños mayores hasta que el agregado se haya enfriado a una temperatura que sea cómoda para manipular (aproximadamente 50 °C). Posteriormente, sumergir el agregado en agua a temperatura ambiente durante un período de 24 ± 4 h. Cuando se utilizan agregados livianos de la Especificación C330 o Especificación C332 Grupo II, sumergir el agregado en agua a temperatura ambiente durante un período de 72 ± 4 h, revolviendo durante al menos un minuto cada 24 h.

Cuando los valores de absorción y densidad relativa (gravedad específica) se van a utilizar para dosificar mezclas de hormigón en las que los agregados estarán en su estado naturalmente húmedo, el requisito en 8.1 para el secado inicial es opcional y, si las superficies de las partículas en la muestra se han mantenido continuamente húmedas hasta la prueba, el requisito para remojo durante 24 6 4 h o 72 6 4 h también es opcional.

Saque la muestra de prueba del agua y envuélvala en un paño absorbente grande hasta que se hayan eliminado todas las películas visibles de agua. Limpie las partículas más grandes una por una. Se permite una corriente de aire en movimiento para ayudar en la operación de

secado. Tenga cuidado de evitar la evaporación del agua de los poros del agregado durante la operación de secado de la superficie.

Después de determinar la masa en el aire, coloque inmediatamente la muestra de prueba saturada y superficialmente seca en el recipiente de muestra y determine su masa aparente en agua a 23 ± 2.0 °C. como ejemplo, creería que

Cálculos

Densidad relativa (gravedad específica):

Densidad relativa (gravedad específica) (DO)—Calcule la densidad relativa (gravedad específica) sobre la base del agregado secado al horno de la siguiente manera:

$$\text{Densidad relativa (gravedad específica) (OD)} = A / (B - C) \quad (1)$$

dónde:

A = masa de la muestra de prueba secada al horno en el aire, g,

B = masa de la muestra de prueba saturada y superficialmente seca en el aire, g, y

C = masa aparente de la muestra de prueba saturada en agua, g.

Densidad relativa (gravedad específica) (SSD)—Calcule la densidad relativa (gravedad específica) sobre la base del agregado saturado y superficialmente seco de la siguiente manera:

$$\text{Densidad relativa (gravedad específica) (SSD)} = B / (B - C) \quad (2)$$

Valores promedio de densidad relativa (gravedad específica): si la muestra se analiza en fracciones de tamaño separadas, calcule los valores promedio de densidad relativa (gravedad específica) de la fracción de tamaño calculada de acuerdo, utilizando la siguiente ecuación:

$$G = \frac{1}{\frac{P_1}{100 G_1} + \frac{P_2}{100 G_2} + \dots + \frac{P_n}{100 G_n}}$$

dónde:

G = densidad relativa promedio (gravedad específica). Todas las formas de expresión de la densidad relativa (gravedad específica) pueden promediarse de esta manera,

G1, G2... Gn = valores de densidad relativa (gravedad específica) promedios apropiados para cada fracción de tamaño dependiendo del tipo de densidad relativa (gravedad específica) que se está promediando, y

P1, P2, ... Pn = porcentajes de masa de cada fracción de tamaño presente en la muestra original (sin incluir material más fino).

Absorción: Calcule el porcentaje de absorción de la siguiente manera:

$$\% \text{ Absorción} = [(B-A) / A] \times 100.$$

Ejemplo: se muestran los resultados obtenidos luego que se le realizaran los ensayos en laboratorio para una muestra de agregado fino (arena triturada). Ver imagen 36.

SOLICITANTE: UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA (UTLA)				
PROCEDENCIA: CANtera DE SAN DIEGO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD, EL SALVADOR				
MATERIAL: ARENA TRITURADA				
FECHA DE ENSAYO: 21/11/2024				
TEC. RESPONSABLE: RAFAEL HERIBERTO MONTERROSA				
Masa seca al horno + peso cápsula (gms)	P	716.4	716.0	
Peso cápsula (gms)	t	238.2	237.5	
Masa seca al horno (gms)	a	478.2	478.5	
Masa del picnómetro lleno con agua (gms)	b	1445.4	1445.4	
Masa del picnómetro + muestra+agua (gms)	c	1747.5	1746.0	
Masa de la muestra superficie saturada seca (gms)	d	500.0	500.0	
Volumen del picnómetro (cm ³)	v	1273.5	1273.5	
Masa del picnómetro vacío (gms)	m	171.9	171.9	Promedio
Gravedad Específica Bruta Seca (gr/cm ³)	Gsb	2.416	2.400	2.408
Gravedad Específica Bruta superficie saturada seca (gr/cm ³)	Gsbsss	2.527	2.508	2.517
Temperatura del agua en °C	t	23.0	23.0	23.0
Factor de Corrección por Temperatura (mg/m ³)	F*t	0.99750	0.9975	0.9975
Gravedad Específica Aparente (gr/cm ³)	-	2.716	2.690	2.703
Gravedad Específica Aparente por Temperatura (gr/cm ³)	Ga	2.709	2.683	2.696
% de absorción	%Abs	4.6	4.5	4.53

Imagen 36: Peso específico y absorción agregado fino hechos en laboratorio. (Ver anexo 1)

3.10 MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y LA ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO NORMA APLICABLE: ASTM C128-22

Significado y uso

La densidad relativa (gravedad específica) es la relación entre la masa de un agregado y la masa de un volumen de agua igual al volumen de las partículas del agregado, también denominada volumen absoluto del agregado. También se expresa como la relación entre la densidad de las partículas del agregado y la densidad del agua. Se hace una distinción entre la densidad de las partículas del agregado y la densidad aparente de los agregados, según se determina mediante el método de prueba C29/C29M, que incluye el volumen de huecos entre las partículas de los agregados.

La densidad relativa se utiliza para calcular el volumen ocupado por el agregado en diversas mezclas que contienen agregados, incluido el hormigón de cemento hidráulico, el hormigón bituminoso y otras mezclas que se dosifican o analizan sobre una base de volumen absoluto. La densidad relativa (gravedad específica) también se utiliza en el cálculo de huecos en el agregado en el método de prueba C29/C29M y en el método de prueba C1252.

La densidad relativa (gravedad específica) (SSD) se utiliza para determinar la humedad superficial de los agregados finos mediante el desplazamiento de agua en el método de prueba C70. La densidad relativa (gravedad específica) (SSD) se utiliza si el agregado se encuentra en una condición de superficie seca saturada, es decir, si se ha satisfecho su absorción. Alternativamente, la densidad relativa (gravedad específica) (OD) se utiliza para los cálculos cuando el agregado está seco o se supone que está seco.

Los valores de absorción se utilizan para calcular el cambio en la masa de un material agregado debido al agua absorbida en los espacios porosos dentro de las partículas constituyentes, en comparación con la condición seca, si se considera que el agregado ha estado en contacto con agua durante el tiempo suficiente para satisfacer la mayor parte del potencial de absorción. El estándar de laboratorio para la absorción es el que se obtiene después de sumergir el agregado seco durante un período de tiempo prescrito.

Los agregados extraídos de debajo del nivel freático generalmente tienen un contenido de humedad mayor que la absorción determinada por este método de prueba, si se utilizan sin la oportunidad de secarlos antes de su uso. Por el contrario, es probable que algunos agregados que no se han mantenido continuamente en una condición húmeda hasta su uso contengan una cantidad de humedad absorbida menor que la condición de 24 horas de remojo.

Para un agregado que ha estado en contacto con agua y que tiene humedad libre en las superficies de las partículas, el porcentaje de humedad libre se determina deduciendo la absorción del contenido de humedad total determinado por el Método de prueba C566 mediante secado. 5.5 Los procedimientos generales descritos en este método de ensayo son adecuados para determinar la absorción de agregados que han sido sometidos a un acondicionamiento distinto del remojo de 24 horas, como por ejemplo agua hirviendo o saturación al vacío. Los valores obtenidos para la absorción mediante otros métodos de ensayo serán diferentes a los valores obtenidos mediante el remojo de 24 horas prescrito, al igual que la densidad relativa (gravedad específica) (SSD).

Alcance

Este método de ensayo cubre la determinación de la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción de agregados finos. La densidad relativa (gravedad específica), una cualidad adimensional, se expresa como densidad seca al horno (OD), densidad superficial saturada seca (SSD) o como densidad relativa aparente (gravedad específica). La densidad relativa OD se determina después de secar el agregado. La densidad relativa SSD y la absorción se determinan después de remojar el agregado en agua durante un tiempo prescrito.

Resumen del método de prueba

Se sumerge una muestra de agregado en agua durante 24 ± 4 h para rellenar esencialmente los poros. Luego se retira del agua, se seca el agua de la superficie de las partículas y se determina la masa. Posteriormente, la muestra (o una parte de ella) se coloca en un recipiente graduado y se determina el volumen de la muestra mediante el método gravimétrico o volumétrico. Finalmente, la muestra se seca en horno y se determina nuevamente la masa. Utilizando los valores de masa así obtenidos y las fórmulas de este método de prueba, es posible calcular la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción.

Aparatos que se utilizan

- Balanza
- Picnómetro (para uso con procedimiento gravimétrico)
- Dispositivo de medición de temperatura
- Molde y apisonador para prueba de humedad superficial

Muestreo

Tome una muestra del agregado de acuerdo con la Práctica D75. Mezcle bien la muestra y redúzcala para obtener una muestra de ensayo de aproximadamente 1 kg utilizando los procedimientos aplicables descritos en la Práctica C702/C702M. Ver imagen 37, 38, 39 y 40.



Imagen 38: Saturación de muestra, muestra relativa.



Imagen 37: Preparación de muestra saturada.



Imagen 39: Pesaje de muestra saturada.



Imagen 40: Pesaje de muestras sin agua.

Preparación de la muestra de prueba

Coloque la muestra de prueba en una bandeja o recipiente adecuado y séquela en el horno hasta que alcance una masa constante a una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F). Déjela enfriar hasta que sea cómoda de manipular la temperatura (aproximadamente 50 °C), cubrir con agua, ya sea por inmersión o mediante la adición de al menos 6 % de humedad al agregado fino, y dejar reposar durante $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$. Cuando se utilicen agregados livianos de la Especificación C330/C330M o la Especificación C332 Grupo II, sumergir el agregado en agua a temperatura ambiente durante un período de $72 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$, revolviendo durante al menos un minuto cada 24 h. Ver imagen 41.

Ejemplo: se muestran los resultados obtenidos luego que se le realizaran los ensayos en laboratorio para una muestra de agregado fino (arena de mar)

SOLICITANTE: UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA (UTLA)				
PROCEDENCIA: PLAYA SAN DIEGO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD, EL SALVADOR				
MATERIAL: ARENA DE MAR				
FECHA DE ENSAYO: 21/11/2024				
TEC. RESPONSABLE: RAFAEL HERIBERTO MONTERROSA				
Peso cápsula (gms)	<i>t</i>	65.3	65.3	
Masa seca al horno (gms)	<i>a</i>	497.5	497.6	
Masa del picnómetro lleno con agua (gms)	<i>b</i>	1454.3	1455.3	
Masa del picnómetro + muestra+agua (gms)	<i>c</i>	1777.4	1778.3	
Masa de la muestra superficie saturada seca (gms)	<i>d</i>	500.0	500.0	
Volumen del picnómetro (cm ³)	<i>v</i>	1282.4	1282.4	
Masa del picnómetro vacío (gms)	<i>m</i>	171.9	171.9	Promedio
Gravedad Específica Bruta Seca (gr/cm ³)	<i>Gsb</i>	2.812	2.811	2.812
Gravedad Específica Bruta superficie saturada seca (gr/cm ³)	<i>Gsbsss</i>	2.826	2.825	2.826
Temperatura del agua en °C	<i>t</i>	23.0	23.0	23.0
Factor de Corrección por Temperatura (mg/m ³)	<i>F*t</i>	0.99750	0.9975	0.9975
Gravedad Específica Aparente (gr/cm ³)	-	2.853	2.850	2.851
Gravedad Específica Aparente por Temperatura (gr/cm ³)	<i>Ga</i>	2.846	2.843	2.844
% de absorción	%Abs	0.5	0.5	0.49

Imagen 41: Pesa específico y absorción agregado fino realizados en laboratorio. (Ver anexo 2)

3.11. DISEÑO DE MEZCLA MÉTODO APLICADO ACI 211.1

El diseño de mezclas de concreto es un proceso de gran importancia en los proyectos de construcción, pues determina las propiedades de resistencia, características de acabado y manejabilidad de uno de los materiales de ingeniería más usado en el mundo del concreto. La selección de los componentes del concreto se rige por ciertos estándares de alcance global; estos definen las propiedades y las cantidades de los agregados necesarios para cada concreto que se desee procesar. No obstante, la investigación Diseño de mezcla de concreto, reemplazando en proporciones el agregado grueso, por arcilla cocida, desarrollada por los autores de este libro, identifica la ausencia de métodos y procedimientos para diseñar mezclas de concreto teniendo en cuenta las propiedades y condiciones de los materiales de la región fronteriza Nortesantandereana. En este sentido, esta obra, Diseño de mezclas de concreto aplicando el método ACI, es la respuesta a la necesidad identificada en la investigación, porque hace una exposición de fundamentos conceptuales, metodologías de ensayos y presenta ejemplos de cómo realizar diseños de mezclas y, además, entrega una aplicación para dispositivos móviles y computadoras. Puntualmente, este libro sintetiza, paso a paso, el diseño de mezclas con el método ACI 211.1 para concretos de peso normal y ofrece una recopilación de las metodologías de muestreo, reducción y ensayos de laboratorios básicos para agregados, así como de las pruebas para determinar propiedades del concreto. Para complementar la metodología ACI expuesta, se desarrollan algunos ejemplos de aplicación de diseño de mezclas para diversas situaciones y casos puntuales propios del desarrollo de la ingeniería. Finalmente, se ofrece una aplicación beta, desarrollada por los autores, para usar desde computadoras y dispositivos móviles. Esta aplicación permite realizar aproximaciones de las cantidades estimadas de materiales para diseños de mezclas variando distintos parámetros de los materiales, requerimientos y especificaciones técnicas.

Ensayos realizados:

Para extender posibilidades, las selecciones de las proporciones del concreto deben basarse sobre datos de ensayos o sobre la experiencia con los materiales a usar. Cuando los datos son limitados o no están disponibles, se usan las estimaciones dadas en esta práctica (ACI 211.1). La información sobre los materiales, que debe estar disponible es la siguiente:

- Granulometría de gruesos y finos (ASTM C 136)

- Peso Unitario de agregados gruesos (ASTM C 29M)
- Gravedad Específica Bulk Seca y Absorción de agregados gruesos (ASTM C 127)
- Gravedad Específica Bulk Seca y Absorción de agregados finos (ASTM C 128)
- Requerimientos del agua de mezclado de otras mezclas a partir de la experiencia con los agregados disponibles.
- Relaciones resistencia y la relación A/C para las combinaciones de cemento y agregados.
- Gravedad Específica del cemento (ASTM C 188)
- Combinación Optima de agregados gruesos (Método de Peso Unitario). Ver imagen 42 y 43.

Datos de los ensayos realizados a los agregados finos y gruesos.

I. Especificaciones para el concreto

Resistencia a compresión a los 28 días	210 Kg/cm ²
(1) Relación a/c (Tabla A1.5.3.4(a))	0.49
Revenimiento (Tabla A1.5.3.3)	4 ± 1"
Tam.máx. agregado (Tabla A1.5.3.6)	3/4"

II. Datos del cemento

Marca tipo	Cemento Portland, Tipo
(2) Peso específico	3.10
(3) Peso Volumétrico	1500.68

III. Datos de los agregados

Grava de la cantera, San Diego		Arena de Mar	
(4) Peso específico	2.680	(7) Peso específico	2.812
(5) Peso volumétrico suelto	1543.00	(8) Peso volumétrico suelto	1595.00
(6) Peso volumétrico compactado	1685.00	(9) Modulo de Finura	1.44
% Absorción	2.50	% Absorción	0.50

IV. Determinación de las cantidades de materiales requeridas por M³

(10) Cantidad de agua (Tabla A1.5.3.3)		205 Lts.
(11) Aire atrapado en la mezcla (tabla A1.5.3.3)		0.02 %
(12) Volumen de grava (Tabla A1.5.3.6)		0.57 M ³
(13) Cantidad de cemento		418.37 Kg,
(14) Cantidad de grava	(12)*(6)=	960.45 Kg,
Determinación de la arena:		
a. Volumen Solido Cemento	(13) / [(2) * Yw]=	134.96 Lts.
b. Volumen Solido Grava	(14) / [(4) * Yw]=	358.38 Lts.
c. Volumen Agua		205 Lts.
d. Volumen Aire	1000 * (11)=	20.00 Lts.
Total (a+b+c+d)		718.33 Lts.
(15) Volumen solido arena	1000 - (a+b+c+d)=	281.67 Lts.
(16) Volumen de arena	(15) * (7) * YW=	792.04 Kg,

Imagen 42: Ensayo realizado en laboratorio para la elaboración de la mezcla. (Ver anexo 2)

V. Resumen de materiales por M³

Material	Volumen Solido (Litro)	Peso (Kg)
Cemento	134.96	418.37
Arena	281.67	792.04
Grava	358.38	960.45
Agua	205	205
Aire	20.00	0
Total	1000.00	2375.86

YW =Peso unitario del agua 1.00 Kg/Lt

VI: Proporcionamiento de la mezcla por volumen

Cemento	$V_c = (13) / (3)$	0.28 M ³	
Arena	$V_a = (16) / (8)$	0.50 M ³	
Grava	$V_g = (14) / (5)$	0.62 M ³	
Proporción= Cemento:Arena:Grava= VC/VC : VA/VC : VG/VC			
<u>Vol. de cemento</u>	<u>Vol. Cubetas</u>	<u>Vol. Cubetas</u>	Por volumen
1.00	2.14	2.68	
Agua en galones USA por bolsa de cemento de 42,5 Kg			
$[(10)/3,785]/[(13)/42,5*] = \text{Gal /bolsa}$			Gal./Bolsa
			5.50

Imagen 43: Ensayos realizados en laboratorio para la elaboración de la mezcla (Ver anexo 2).

Procedimiento.

El procedimiento para la dosificación de mezclas que se expone en esta sección es aplicable al concreto de peso normal, aunque pueden emplearse los mismos datos y procedimientos básicos para seleccionar las proporciones de concretos pesados y masivos.

La estimación de los pesos de las mezclas de concreto requeridos implica una secuencia de pasos lógicos y directos que, de hecho, ajustan las características de los materiales disponibles a una mezcla adecuada para el trabajo. El aspecto de la adaptabilidad no siempre permite al individuo seleccionar las proporciones.

Las especificaciones de la obra pueden dictar todas o algunas de las siguientes recomendaciones:

- Máxima relación agua / cemento o agua / cementantes.
- Máximo contenido de cemento.
- Máximo contenido de arena.
- Máximo contenido de grava.

- Contenido de aire.
- Revenimiento.
- Tamaño máximo de agregado.
- Resistencia.
- Otros requerimientos relacionados con aspectos tales como sobre-diseño de resistencia,
- aditivos y tipos especiales de cemento o agregado. Ver imagen 44, 45 46 y 47.



Imagen 44: Elaboración de mezcla de concreto.



Imagen 45: Temperatura de la mezcla.



Imagen 46: Llenando cilindros con concreto.



Imagen 47: Cilindros listos para ser curados.

3.12. PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA LA FABRICACIÓN Y EL CURADO DE CILINDROS DE CONCRETO EN EL LABORATORIO NORMA ASTM C-192.

Alcance

Esta práctica abarca los procedimientos para fabricar y curar especímenes de ensayos de concreto en laboratorio bajo un control preciso de los material y condiciones de prueba usando concreto que se pueda consolidar por rodado o vibración.

Significación y Utilización

Esta práctica provee los requisitos normalizados para la preparación de los materiales, la mezcla del concreto, y la preparación y curado de especímenes de concreto para ensayo bajo condiciones de laboratorio.

Si la preparación del espécimen es controlada como se estipula aquí, los especímenes pueden ser usados para desarrollar información con los siguientes objetivos:

- Proporcionamiento de mezclas para concreto de proyecto.
- Evaluación de diferentes mezclas y materiales.
- Correlación con ensayos no destructivos.
- Provisión de especímenes para propósitos de investigación

Equipo

Los moldes: para especímenes o fijadores que están en contacto con el concreto deben ser hechos de acero, hierro fundido, u otro material no absorbente, no reactivo con el concreto que contenga cemento portland u otros cementos hidráulicos, deben cumplir con las dimensiones y tolerancias especificadas en el método para los especímenes que requieran. Los moldes deben mantener sus dimensiones y forma bajo todas las condiciones de uso. La estanqueidad de los moldes durante el uso debe ser juzgada por su habilidad para mantener el agua vertida dentro de ellos.

Los procedimientos de ensayo para estanqueidad están dados en la sección de Métodos de Ensayo para Alargamiento, Absorción y Estanqueidad de la Especificación C 470/C 470M. Cuando sea necesario para prevenir fugas entre las juntas, debe ser usado un sellador

adecuado, tal como grasa pesada, arcilla para moldear o cera microcristalina. Deben ser provistos medios apropiados para sujetar firmemente las placas de base a los moldes. Los moldes reusables deben ser ligeramente recubiertos con aceite mineral o un material desencofrante no reactivo adecuado, antes de su uso.

Varillas compactadoras: dos medidas son especificadas en los métodos ASTM. Cada una debe ser una varilla de acero cilíndrica, recta con al menos el extremo de apisonar redondeado en una punta semiesférica del mismo diámetro de la varilla. Si se prefiere, ambos extremos pueden ser redondeados.

- Varilla Larga, 5/8 Pulg. [16 mm] de diámetro y aproximadamente 24 pulg. [600 mm] de longitud.
- Varilla Corta 3/8 pulg. [10 mm] de diámetro y aproximadamente 12 pulg. [300 mm] de longitud.
- Mazos—Un mazo con una cabeza de hule o cuero crudo de 1.25 ± 0.50 lb [0.6 ± 0.20 kg] de peso

Preparación de los Materiales

Temperatura: antes de mezclar el concreto, lleve los materiales del concreto a temperatura ambiente en el rango 20 a 30 °C, excepto cuando esté estipulada la temperatura del concreto. Cuando está estipulada una temperatura para el concreto, el método propuesto para obtener la temperatura del concreto necesita la aprobación de quién estipuló la misma.

Cemento: almacene el cemento en un lugar seco, en contenedores estancos, preferiblemente hechos de metal. El cemento debe ser completamente mezclado para dar un suministro uniforme desde el inicio al fin de los ensayos. Debe ser pasado a través de un tamiz 850- μ m [No 20] o más fino para remover todos los grumos y debe ser remezclado sobre una hoja o lámina plástica, y retornado a los contenedores de la muestra.

Agregados: para prevenir la segregación del agregado grueso, sepárelo en fracciones de tamaños individuales, y luego para cada amasada recombínelas, en las proporciones adecuadas para producir la granulometría deseada.

Elaboración de los Especímenes.

Lugar de Moldeado: moldee los especímenes tan cerca como sea posible del lugar donde van a ser almacenados durante las primeras 24h. Si no es posible moldear los especímenes donde ellos serán almacenados, llévelos al lugar de almacenamiento inmediatamente después de ser desmoldados. Ubique los moldes sobre una superficie rígida libre de vibraciones y otras perturbaciones. Evite sacudidas, golpes, inclinaciones o rayado de la superficie de los especímenes cuando son movidos al lugar de almacenamiento.

Colocación: Coloque el concreto en los moldes usando un cucharón, una cuchara de albañil despuntada o una pala. Seleccione cada toma de concreto de la batea de mezclado, para asegurar que sea representativa de la amasada. Puede ser necesario remezclar el concreto en la batea de mezclado con una pala o cuchara de albañil para prevenir la segregación durante el moldeo de los especímenes. Mueva el cucharón o cuchara de albañil alrededor del borde superior del molde conforme el concreto es descargado para asegurar una distribución simétrica del concreto y minimizar la segregación del agregado grueso dentro del molde. Adicionalmente distribuya el concreto usando una varilla compactadora previo al inicio de la consolidación. En la colocación de la capa final el operador debe intentar agregar una cantidad de concreto que llene exactamente el molde luego de su compactación. No agregue porciones no representativas de concreto a un molde no totalmente lleno.

Curado

Para evitar la evaporación de agua del concreto no endurecido, cubra los especímenes inmediatamente después del acabado, preferiblemente con una placa o lámina no reactiva, no absorbente, de plástico resistente, impermeable y durable. Los especímenes deben ser almacenados inmediatamente después de ser acabados hasta que se retiren los moldes para prevenir pérdida de humedad de los especímenes. Seleccione un procedimiento o una combinación apropiada de procedimientos que prevengan la pérdida de humedad y sean no absorbentes y no reactivos con el concreto. Cuando se usa una manta o tela húmeda como recubrimiento, la tela no debe estar en contacto con la superficie del concreto fresca y debe tenerse cuidado de mantener la tela húmeda hasta que los especímenes sean retirados de los

moldes. Al colocar una lámina de plástico sobre la tela, la mantendrá la húmeda. Para evitar daño de los especímenes, proteja la parte externa de los moldes de cartón del contacto con la tela húmeda u otras fuentes de agua hasta que los moldes sean retirados. Registre las temperaturas ambiente máxima y mínima durante el curado inicial.

Retiro de los Moldes: retire los especímenes de los moldes 24 ± 8 h después de moldeados. Para concreto con tiempo de fraguado prolongado, los moldes no deben ser retirados hasta 20 ± 4 h después del fraguado final. Si es necesario, determine los tiempos de fraguado de acuerdo con el Método de Ensayo C 403/C 403M.

3.13. MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA ESFUERZO DE COMPRESIÓN EN ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO ASTM C - 39 / C 39M – 01

Alcance:

Este método de ensayo cubre la determinación de la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto tales como cilindros moldeados y núcleos taladrados. Está limitado al concreto que tenga un peso unitario mayor de 50 lb/pie³ (800 Kg/m³).

Los valores estipulados en unidades lb-pulg o SI serán considerados separadamente como los estándares. Las unidades SI están mostradas entre paréntesis. Los valores estipulados en cada sistema pueden no ser exactamente equivalentes; entonces cada sistema deberá ser usado independientemente del otro. Combinando valores de los dos sistemas puede resultar en inconformidades con la norma.

Método de Ensayo:

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión al cilindro moldeado o núcleo a una razón que está dentro del rango prescrito antes de que la falla ocurra. El esfuerzo de compresión del espécimen es calculado dividiendo la carga máxima obtenida durante el ensayo por el área de la sección transversal del espécimen.

Procedimiento de ruptura de cilindro a compresión según norma ASTM C-39.

Este método de prueba se utiliza para determinar la resistencia a la compresión de muestras cilíndricas se necesita ser cuidadoso en la interpretación del significado para determinar la resistencia a la compresión por este método de ensayo, porque la resistencia no es una propiedad fundamental o intrínseca del concreto hecho con materiales dados. Los valores obtenidos dependerán del tamaño y forma del espécimen, revoltura, procedimiento de mezclado, los métodos de muestreo, moldeo, fabricación y edad, temperatura y condiciones de humedad durante el curado. Este método de ensayo es usado para determinar el esfuerzo de compresión en especímenes cilíndricos preparados y curados de acuerdo con las normas ASTM- C 32, C 192, C 617 y C 1231 y los Métodos de Ensayo C 42 y C 873.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS ASTM C-39

[illegible]

Imagen 48: Resultado de laboratorio de la resistencia a la compresión. (Ver anexo 2)

Procedimiento:

Los especímenes deberán ser mantenidos húmedos por algún método conveniente durante el período entre la remoción del lugar de curado y el ensayo. Serán ensayados en condición húmeda.

Colocación del Espécimen.

Coloque la placa inferior, con su cara endurecida hacia arriba, sobre la mesa o bloque de la máquina de ensayo, directamente debajo del bloque de carga con asiento esférico. Limpie las superficies de carga de los bloques superior e inferior y del espécimen de ensayo y coloque éste en el bloque de carga inferior. Cuidadosamente alinee el eje del espécimen con el centro de carga del bloque con asiento esférico.

Verificación Cero y Asiento del Bloque.

Antes de ensayar el espécimen, verifique que el indicador de carga está en cero. En casos donde el indicador no esté en cero, ajuste el indicador (Nota 10). Como el bloque con asiento esférico es llevado a colocarse sobre el espécimen, girar lentamente su porción móvil con la mano, para obtener un contacto uniforme.

Para las máquinas de ensayo de tipo tornillo, el movimiento del cabezal viajara a una razón de aproximadamente 0.05 pulg. (1 mm) /min cuando la maquina está corriendo libre. Para maquinas operadas hidráulicamente, la carga deberá ser aplicada a una razón de movimiento (medida de la placa sobre la sección del cabezal) correspondiendo a una razón de carga en el espécimen dentro del rango de 20 a 50 psi/seg. (0.15 a 0.35 MPa/s). La razón de movimiento designada deberá mantenerse el menos durante la última mitad de la fase de carga prevista del ciclo de ensayo.

Durante la aplicación de la primera mitad de la fase de carga prevista, será permitida una razón de carga mayor.

No efectúe ajustes en la razón de movimiento de la placa en ningún momento, cuando el espécimen está en fluencia rápida e inmediatamente antes de la falla.

Aplique la carga hasta que el espécimen falle y anote la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo. Note el tipo de falla y apariencia del concreto. Ver imagen 49, 50, 51 y 52.



Imagen 49: Medidas del cilindro tomadas en laboratorio.

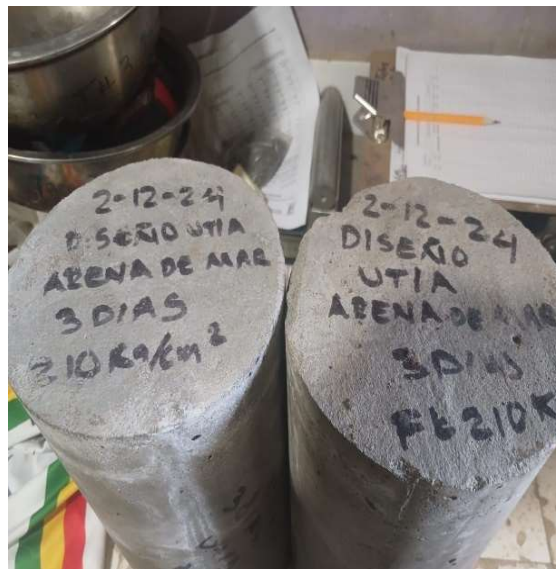


Imagen 50: Identificación en laboratorio de cilindro de acuerdo a material con que se realizó.



Imagen 51: Colocación de cilindro sometido a compresión en laboratorio.

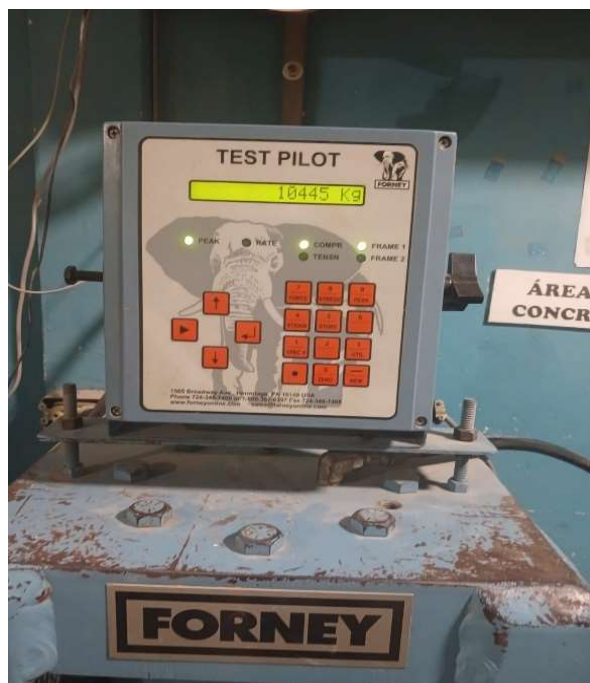


Imagen 52: Resultado obtenidos luego de la ruptura del cilindro en laboratorio.

3.14. CILINDROS DE CONCRETO EN OBSERVACIÓN.

Se elaboraron dos cilindros de concreto con fecha 20 de enero de 2025, uno con arena natural (río Las Cañas) y el segundo con arena de mar en su estado natural extraída de la playa de San Diego los cuales han estado en observación hasta el 02 de marzo de 2025 en un lugar seco para analizar el comportamiento de manera visual del cilindro de concreto elaborado con arena de mar en comparación con el cilindro de concreto de arena natural. Ver imagen 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61 y 62.



Imagen 53: Elaboración de los cilindros.

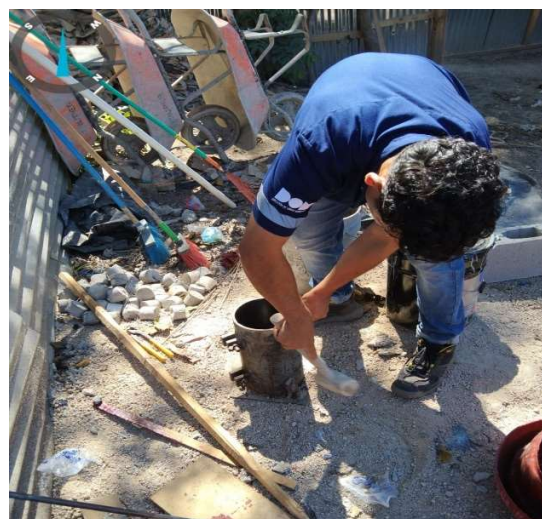


Imagen 55: Mezcla de Concreto con arena de mar.



Imagen 54: Temperatura del concreto.



Imagen 56: Cilindros ya elaborados.



Imagen 57: Comportamiento del concreto a los 7 días de elaborado los cilindros.



Imagen 58: Comportamiento del concreto a los 14 días de elaborado los cilindros.



Imagen 59: Comportamiento del concreto a los 21 días de elaborados los cilindros.



Imagen 60: Comportamiento del concreto a los 28 días de elaborado los cilindros.



Imagen 61: Comportamiento del concreto a los 35 días de elaborado del cilindro.



Imagen 62: Comportamiento del concreto a los 42 días de elaborado los cilindros.

Luego de tener en observación dos cilindros de concreto, uno elaborado con arena de mar en su estado natural y otro con arena de río Las Cañas durante 42 días, no se observó diferencias físicas entre ambos cilindros. La muestra elaborada con arena de mar de la playa de San Diego en los 42 días que se tuvo en observación no mostro ninguna muestra de salinidad que contiene el agregado fino.

Se determina que el concreto de arena de mar luego de la observación de manera visual no genero ningún cambio en la textura, en comparación al concreto de arena natural (arena de río Las Cañas) durante los días que los cilindros estuvieron en observación física.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E

INTERPRETACIÓN DE

RESULTADOS

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tomando en cuenta que el objeto de estudio fue evaluar el comportamiento del concreto con arena triturada, arena de mar en su estado natural y arena de río Las Cañas, se determinaron sus propiedades tanto físicas como mecánicas, para dicho estudio se obtuvieron tres muestras para analizarlas en un laboratorio certificado.

Por tal razón se proyectó diseñar tres mezclas de concreto con una resistencia de $f'c$ 210 kg/cm², luego se procedió a la elaboración del concreto para el colado de los especímenes, que se someterán a compresión para comparar el esfuerzo de cada tipo de arena que contempla la investigación.

4.2 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS ENSAYOS A LOS AGREGADOS

A continuación, se detallan los resultados obtenidos de cada ensayo respetando los lineamientos de las normas ASTM en referencia.

Además, se tabularon y graficaron los datos obtenidos de los ensayos para mayor interpretación, con el fin de realizar un análisis comparativo entre la mezcla de concreto con arena triturada, arena de mar y arena de río.

4.3 RESULTADOS GRANULOMÉTRICOS

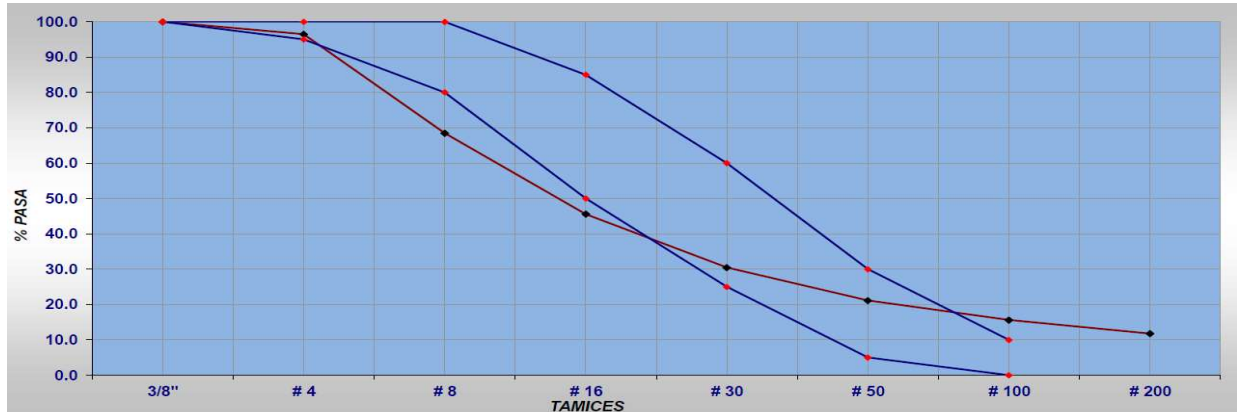
Tabla 16: Análisis Granulométrico de Agregado fino cantera San Diego. NORMA ASTM C-136.

ARENA TRITURADA PROCEDENCIA SAN DIEGO							
Abertura de mallas		Retenido	Retenido	Retenido	Porcentaje	Especificación	
Pulg.	mm.	parcial Kg	parcial %	acumulado %	que pasa %	Límite inferior %	Límite superior %
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
N°4	4.750	42.4	3.5	3.5	96.5	95.00	100.00
N°8	2.360	335.9	28.0	31.5	68.5	80.00	100.00
N°16	1.180	274.9	22.9	54.4	45.6	50.00	85.00
N° 30	0.600	181.1	15.1	69.5	30.5	25.00	60.00
N° 50	0.300	112.1	9.3	78.9	21.1	5.00	30.00
N°100	0.150	66.1	5.5	84.4	15.6	0.00	10.00
N°200	0.075	46.2	3.9	88.2	11.8	0.00	0.00
FONDO		141.3	11.8	100.00			
Totales		1200.0	100.00				

Resultado granulométrico		Banco San Diego
Granulometría	Grava	3.5%
	Arenas	84.7%
	Finos	11.8%
	Módulo de finura	3.2
Σ =		100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 1: Curva granulométrico arena triturada.



Fuente: Laboratorio "Lagos y Asociados."

Al evaluar el análisis granulométrico de la arena triturada de La Cantera, se observa que no cumple con la curva granulométrica, ya que se sale de los límites superior e inferior establecidos en la norma ASTM C33, al mismo tiempo su módulo de finura (MF) es de 3.2, clasificado como un material grueso, considerando que cuanto más alto es el valor más grueso es el material, para clasificar un material como bien graduado, las partículas deben de ser de diferentes tamaños.

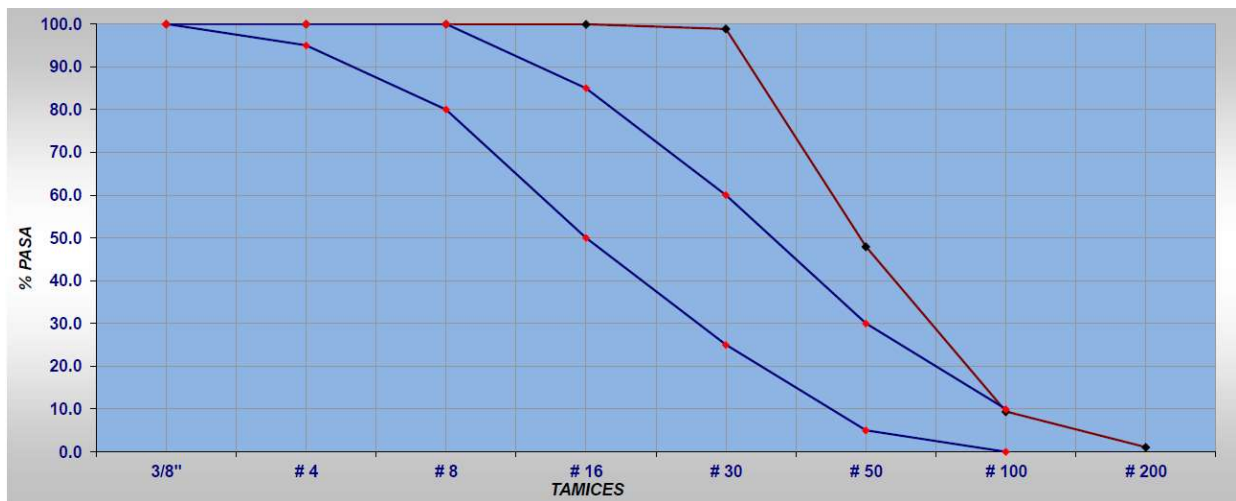
Tabla 17: Análisis granulométrico de agregado fino playa San Diego. NORMA ASTM C-136.

ARENA DE MAR PROCEDENCIA SAN DIEGO.							
Abertura de mallas		Retenido	Retenido	Retenido	Porcentaje	Especificación	
Pulg.	mm.	parcial	parcial	acumulado	que pasa	Límite inferior	Límite superior
		Kg	%	%	%	%	%
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
N°4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	95.00	100.00
N°8	2.360	0.00	0.00	0.00	100.00	80.00	100.00
N°16	1.180	0.4	0.1	0.1	99.9	50.00	85.00
N° 30	0.600	5.4	1.1	1.2	98.8	25.00	60.00
N° 50	0.300	254.5	50.9	52.1	47.9	5.00	30.00
N°100	0.150	192.7	38.5	90.6	9.4	0.00	10.00
N°200	0.075	46.2	3.9	88.2	11.8	0.00	0.00
FONDO		5.4	1.1	100.00			
Totales		500.0	95.6				

Resultado granulométrico		San Diego
Granulometría	Grava	0.0%
	Arenas	98.9%
	Finos	1.1%
	Módulo de finura	1.44
Σ =		100.0%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 2: Curva granulométrico arena de mar.



Fuente: Laboratorio "Lagos y Asociados."

Al evaluar el análisis granulométrico en arena de mar procedente de la playa San Diego, se observa que no cumple con la curva granulométrica, ya que se sale de los límites superior e inferior establecidos en la norma ASTM C33, al mismo tiempo su módulo de finura (MF) es de 1.44, clasificado como un material fino, considerando que cuanto más bajo es el valor, más fino es el material, para clasificar un material como bien graduado, las partículas deben ser de diferentes tamaños.

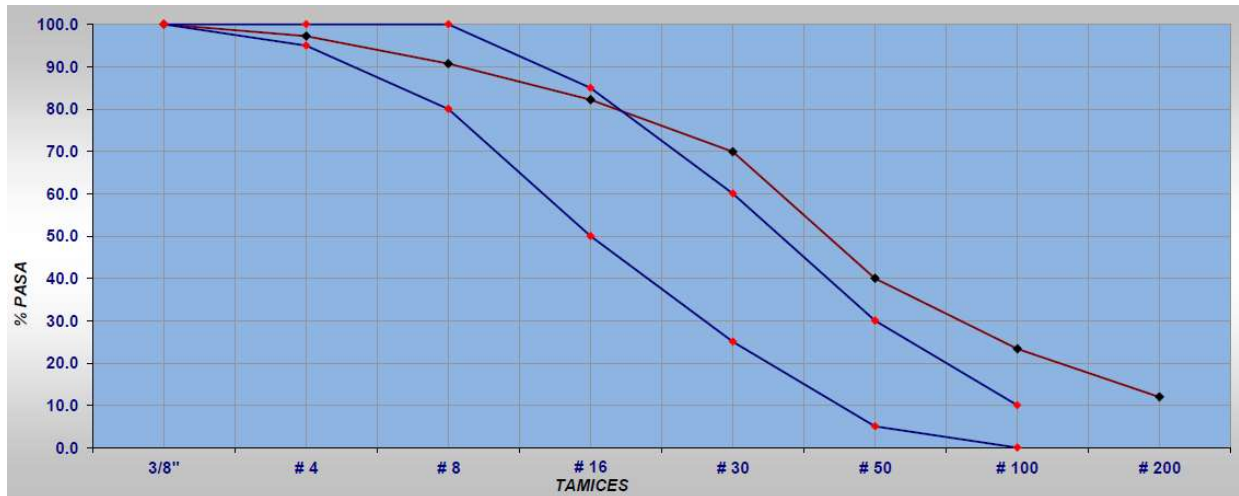
Tabla 18: Análisis granulométrico de agregado fino arena río Las Cañas. NORMA ASTM C-136.

ARENA NATURAL PROCEDENCIA RÍO LAS CAÑAS.							
Abertura de mallas		Retenido	Retenido	Retenido	Porcentaje	Especificación	
Pulg.	mm.	parcial	parcial	acumulado	que pasa	Límite inferior	Límite superior
		Kg	%	%	%	%	%
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
N°4	4.750	23.1	2.8	2.8	97.2	95.00	100.00
N°8	2.360	53.3	6.5	9.3	90.7	80.00	100.00
N°16	1.180	70.0	8.5	17.8	82.2	50.00	85.00
N° 30	0.600	101.3	12.3	30.1	69.9	25.00	60.00
N° 50	0.300	254.7	29.9	60.0	40.0	5.00	30.00
N°100	0.150	136.7	16.6	76.7	23.3	0.00	10.00
N°200	0.075	93.7	11.4	88.1	11.9		
FONDO		98.2	11.9	100.0			
Totales		822.0	99.9				

Resultado granulométrico		RÍO LAS CAÑAS
Granulometría	Grava	2.9%
	Arenas	85.2%
	Finos	11.9%
	Módulo de finura	1.97
	$\Sigma =$	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3: Curva granulométrico arena río Las Cañas.



Fuente: Laboratorio "Lagos y Asociados."

Al evaluar el análisis granulométrico de la arena del río Las Cañas, se observa que no cumple con la curva granulométrica, ya que se sale de los límites superiores e inferiores establecidos en la norma ASTM C33, al mismo tiempo su módulo de finura (MF) es de 1.97, clasificado como un material fino.

Kotmastka, Kerkhoff, Panarese y Tanesi (2004) Afirman que: "Las cantidades de agregado fino que pasan a través de los tamices de 300 μm (No. 50) y de 150 μm (No. 100) afectan la trabajabilidad, la textura superficial, el contenido de aire y el sangrado (exudación) del concreto". (p.109).

Por lo anterior es necesario realizar combinaciones para cumplir con los requisitos granulométricos que recomienda la norma ASTM C33.

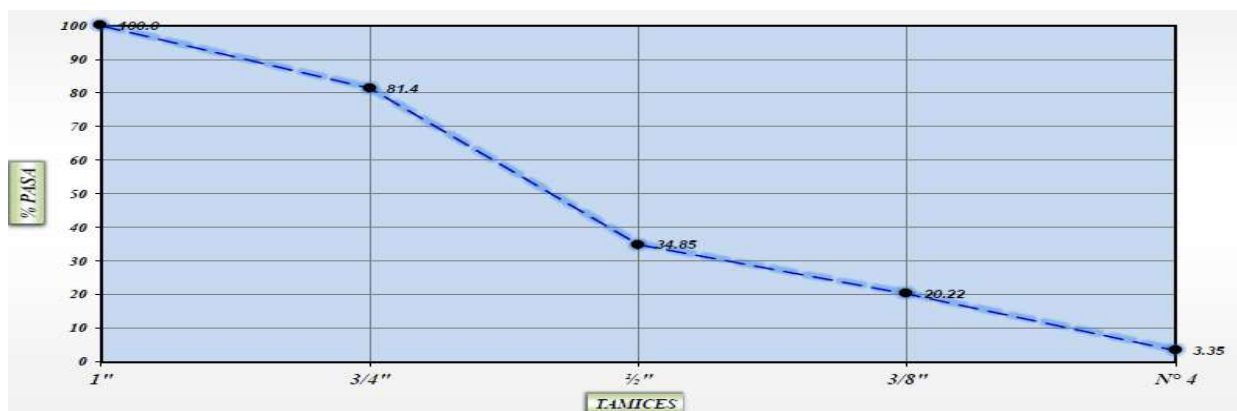
Tabla 19: Análisis granulométrico de gravas. ASTM C-136.

LA CANTERA		BANCO SAN DIEGO			
Abertura de mallas		Retenido parcial Kg	Retenido parcial %	Retenido acumulado %	Porcentaje que pasa %
Pulg.	mm.				
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	557.10	18.57	18.57	81.40
1/2"	12.50	1397.30	46.58	65.15	34.85
3/8"	9.50	439.10	14.64	79.78	20.22
Nº4	4.75	506.10	16.87	96.65	3.35
Fondo		100.40	3.35	100.00	0.00
Totales		3000.00	100.00		

Resultado granulométrico		CANTERA SAN DIEGO
Granulometría	Grava	96.7%
	Arenas	3.3%
	Finos	0.0%
	$\Sigma =$	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4: Curva granulométrica



Fuente: Laboratorio "Lagos y Asociados."

4.4 METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA LA DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECIFICA) Y LA ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO NORMA APLICABLE ASTM C127-15

Definición

Es la relación entre el peso unitario de una sustancia y el peso unitario de otra que se toma como referencia (agua a 4°C). Su valor es adimensional.

Conoceremos el valor de la gravedad específica para la determinación del cálculo de los pesos de los componentes del concreto, además de obtener el volumen absoluto deseado de un material en el diseño de mezclas.

Tabla 20: Grava mal graduada gris oscuro (gp)

GRAVA MAL GRADUADA GRIS OSCURO (GP), GRAVA # ¾" RESULTADOS			
Datos del ensayo	Ensayo No. 1	Ensayo No. 2	Promedio
1° Gravedad Especifica Aparente (gr/cm³)	2.802	2.799	2.801
2° Gravedad Específico saturado con superficie seca (gr./cm³)	2.686	2.683	2.684
Temperatura del agua en °C	23.0	23.0	23.0
Factor de Corrección por Temperatura (mg/m³)	0.99750	0.99970	0.9986
3° Gravedad Específico Seco (gr/cm³)	2.622	2.618	2.620
Gravedad Específico Seco Corregida por Temperatura (gr/cm³)	2.165	2.617	2.616
4° % de absorción	2.4	2.5	2.5

Fuente: Elaboración propia

4.5 METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA LA DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECIFICA) Y LA ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO NORMA APLICABLE: ASTM C128-22

Definición.

Es la relación entre el peso unitario de una sustancia y el peso unitario de otra que se toma como referencia (agua a 4°C). Su valor es adimensional.

Tabla 21: Arena mal graduada con limos gris oscuro (sp-sm), arena triturada.

ARENA MAL GRADUADA GRIS CLARO (SP), TRITURADA, CANTERA DE SAN DIEGO			
Datos del ensayo	Ensayo No. 1	Ensayo No. 2	Promedio
Gravedad Específica Bruta Seca (gr/cm³)	2.416	2.400	2.408
Gravedad Específica Bruta superficie saturada seca (gr/cm³)	2.527	2.508	2.517
Temperatura del agua en °C	23.0	23.0	23.0
Factor de Corrección por Temperatura (mg/m³)	0.9975	0.9975	0.9975
Gravedad Específica Aparente (gr/cm³)	2.716	2.690	2.703
Gravedad Específica Aparente por Temperatura (gr/cm³)	2.709	2.683	2.696
Absorción, %	4.6	4.5	4.53

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22: Arena mal graduada con limos gris oscuro (sp-sm), arena de mar.

ARENA MAL GRADUADA GRIS CLARO (SP), ARENA DE MAR, PLAYAS DE SAN DIEGO.			
Datos del ensayo	Ensayo No. 1	Ensayo No. 2	Promedio
Gravedad Específica Bruta Seca (gr/cm³)	2.812	2.811	2.812
Gravedad Específica Bruta superficie saturada seca (gr/cm³)	2.826	2.825	2.826
Temperatura del agua en °C	23.0	23.0	23.0
Factor de Corrección por Temperatura (mg/m³)	0.9975	0.9975	0.9975
Gravedad Específica Aparente (gr/cm³)	2.853	2.850	2.851
Gravedad Específica Aparente por Temperatura (gr/cm³)	2.846	2.843	2.844
Absorción, %	0.5	0.5	0.5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23: Arena mal graduada con limos gris oscuro (sp-sm), arena río Las Cañas.

ARENA MAL GRADUADA GRIS CLARO (SP), RÍO LAS CAÑAS.			
Datos del ensayo	Ensayo No. 1	Ensayo No. 2	Promedio
Gravedad Específica Bruta Seca (gr/cm³)	1.728	1.727	1.737
Gravedad Específica Bruta superficie saturada seca (gr/cm³)	1.806	1.805	1.806
Temperatura del agua en °C	24.0	23.0	23.5
Factor de Corrección por Temperatura (mg/m³)	0.9975	0.9975	0.9975
Gravedad Específica Aparente (gr/cm³)	1.875	1.873	1.874
Gravedad Específica Aparente por Temperatura (gr/cm³)	1.871	1.868	1.870
Absorción, %	4.6	4.5	4.54

Fuente: Elaboración propia

Al analizar los resultados del ensayo de Gravedad Específica de las tres muestras, se observa que la arena que corresponde a La Cantera (arena triturada) y la arena de mar de la playa San Diego, su peso específico oscila entre 2.4 a 2.8, valor que está entre los rangos establecidos para los materiales clasificados como Basaltos, no así los valores obtenidos en la arena del río Las Cañas, ya que se obtuvo un valor de 1.7, resultado relativamente bajo, se observó que el material tenía una cantidad significativa partículas de pómez.

4.6 METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA LA DENSIDAD APARENTE (PESO UNITARIO) Y LOS VACIOS EN EL AGREGADO NORMA APLICABLE ASTM C29-23

Definición

El peso volumétrico es la relación entre el peso del material y el volumen ocupado por el mismo, expresado en kg/m^3 .

Dependiendo del acomodamiento que se le haya dado al material en la prueba, se le llamará: Peso volumétrico compactado y Peso volumétrico suelto.

Peso volumétrico suelto.

Su valor se implementará para la conversión de peso a volumen; es decir, para conocer la cantidad de agregados por metro cubico de concreto.

Peso volumétrico compactado.

Este valor es usualmente utilizado para el conocimiento de volúmenes de materiales apilados y que están sujetos a acomodamientos o asentamientos provocados por el movimiento (tránsito) de ellos, o por la acción del tiempo.

Tabla 24: Peso unitario suelto kg/m^3 (arena triturada cantera San Diego).

ARENA TRITURADA	
Gravedad Especifica Seca Bulk de Acuerdo a ASTM C 127 (S)	2.408 (gr/cm^3)
Densidad del Agua a 23 °c Según Tabla N°03 AASHTO T 19M (W)	997.54 (kg/m^3)
Peso Volumétrico Suelto AASHTO T 19M (M)	1638.7 (kg/m^3)
Contenido de vacíos en el agregado suelto %	31.8 %

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25: Peso unitario compactado kg/m³ (arena triturada cantera San Diego).

ARENA TRITURADA	
Gravedad Especifica Seca Bulk de Acuerdo a ASTM C 127 (S)	2.408 (gr/cm ³)
Densidad del Agua a 23 °c Según Tabla N°03 AASHTO T 19M (W)	997.54 (kg/m ³)
Peso Volumétrico Suelto AASHTO T 19M (M)	1835.4 (kg/m ³)
Contenido de vacíos en el agregado suelto %	23.6 %

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26: Peso unitario suelto kg/m³ (arena de mar, Costa de San Diego).

ARENA DE MAR COSTAS DE SAN DIEGO	
Gravedad Especifica Seca Bulk de Acuerdo a ASTM C 127 (S)	2.812 (gr/cm ³)
Densidad del Agua a 23 °c Según Tabla N°03 AASHTO T 19M (W)	997.54 (kg/m ³)
Peso Volumétrico Suelto AASHTO T 19M (M)	1595.3 (kg/m ³)
Contenido de vacíos en el agregado suelto %	43.1 %

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27: Peso unitario compactado kg/m³ (arena de mar, Costa de San Diego).

ARENA DE MAR COSTAS DE SAN DIEGO	
Gravedad Especifica Seca Bulk de Acuerdo a ASTM C 127 (S)	2.812 (gr/cm ³)
Densidad del Agua a 23 °c Según Tabla N°03 AASHTO T 19M (W)	997.54 (kg/m ³)
Peso Volumétrico Suelto AASHTO T 19M (M)	1760.80 (kg/m ³)
Contenido de vacíos en el agregado suelto %	37.2 %

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28: Peso unitario suelto kg/m³ (arena de río Las Cañas).

ARENA NATURAL DE RÍO LAS CAÑAS	
Gravedad Especifica Seca Bulk de Acuerdo a ASTM C 127 (S)	1.727 (gr/cm ³)
Densidad del Agua a 23 °c Según Tabla N°03 AASHTO T 19M (W)	997.54 (kg/m ³)
Peso Volumétrico Suelto AASHTO T 19M (M)	1163.1 (kg/m ³)
Contenido de vacíos en el agregado suelto %	32.5 %

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29: Peso unitario compactado kg/m³ (arena de río Las Cañas).

ARENA NATURAL DE RÍO LAS CAÑAS	
Gravedad Especifica Seca Bulk de acuerdo con ASTM C 127 (S)	1.727 (gr/cm ³)
Densidad del Agua a 23 °c Según Tabla N°03 AASHTO T 19M (W)	997.54 (kg/m ³)
Peso Volumétrico Suelto AASHTO T 19M (M)	1253.0 (kg/m ³)
Contenido de vacíos en el agregado suelto %	27.30 %

Fuente: Elaboración propia

Al analizar los resultados del ensayo de Peso Volumétrico de las tres muestras, se observa que la arena que corresponde a La Cantera (arena triturada) y la arena de mar de la playa San Diego, su peso volumétrico oscila entre 1,638 kg/cm³ y 1,595 kg/cm³, valor que está entre los rangos establecidos para los materiales clasificados como Basaltos, no así los valores obtenidos en la arena del río Las Cañas, ya que se obtuvo un valor de 1,163 kg/cm³, resultado relativamente bajo, debido que tenía un porcentaje significativo de pómez.

Tabla 30: Peso unitario suelto kg/m³ (agregado grueso grava 3/4" cantera San Diego)

GRAVA ¾" CANTERA SAN DIEGO	
Gravedad Especifica Seca Bulk de Acuerdo a ASTM C 127 (S)	2.620 (gr/cm ³)
Densidad del Agua a 23 °c Según Tabla N°03 AASHTO T 19M (W)	997.54 (kg/m ³)
Peso Volumétrico Suelto AASHTO T 19M (M)	1543.3 (kg/m ³)
Contenido de vacíos en el agregado suelto %	41.0 %

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31: Peso unitario compactado kg/m³ (agregado grueso grava 3/4" cantera San Diego).

GRAVA ¾" CANTERA SAN DIEGO	
Gravedad Especifica Seca Bulk de Acuerdo a ASTM C 127 (S)	2.620 (gr/cm ³)
Densidad del Agua a 23 °c Según Tabla N°03 AASHTO T 19M (W)	997.54 (kg/m ³)
Peso Volumétrico Suelto AASHTO T 19M (M)	1685.5 (kg/m ³)
Contenido de vacíos en el agregado suelto %	35.5 %

Fuente: Elaboración propia

4.7 DISEÑO DE MEZCLA PARA ARENA TRITURADA CANTERA SAN DIEGO.

CARACTERÍSTICAS DE AGREGADOS

Tabla 32: Características de agregados de arena triturada cantera San Diego.

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS FINO Y GRUESO			
LA CANTERA DE, SAN DIEGO (AGREGADO FINO - ARENA TRITURA).		CANTERA, SAN DIEGO (AGREGADO GRUESO - GRAVA).	
GRAVEDAD ESPECIFICA (G).	2.520	GRAVEDAD ESPECIFICA (G).	2.610
PESO VOLUMÉTRICO (kg/m3)	1497	PESO VOLUMÉTRICO (kg/m3)	1686
HUMEDAD (%)	6.00	HUMEDAD (%)	1.5
ABSORCIÓN (%)	4.5	ABSORCIÓN (%)	2.5
MÓDULO DE FINURA (M.F)	3.22	TAMAÑO MÁXIMO (Ø)	3/4"

Fuente: Elaboración propia

4.8 DISEÑO DE MEZCLA PARA ARENA DE MAR COSTAS DE SAN DIEGO.

CARACTERÍSTICAS DE AGREGADOS

Tabla 33: Características de agregados arena de mar, costa de San Diego.

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS FINO Y GRUESO			
COSTAS SAN DIEGO (AGREGADO FINO -ARENA DE MAR).		CANTERA, SAN DIEGO (AGREGADO GRUESO - GRAVA).	
GRAVEDAD ESPECIFICA (G).	2.810	GRAVEDAD ESPECIFICA (G).	2.610
PESO VOLUMÉTRICO (kg/m3)	1595	PESO VOLUMÉTRICO (kg/m3)	1686
HUMEDAD (%)	6.00	HUMEDAD (%)	1.5
ABSORCIÓN (%)	5.1	ABSORCIÓN (%)	2.5
MÓDULO DE FINURA (M.F)	1.44	TAMAÑO MÁXIMO (Ø)	3/4"

Fuente: Elaboración propia

4.9 DISEÑO DE MEZCLA PARA ARENA NATURAL RÍO LAS CAÑAS.

CARACTERÍSTICAS DE AGREGADOS

Tabla 34: Características de agregados arena natural de río Las Cañas.

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS FINO Y GRUESO			
COSTAS SAN DIEGO (AGREGADO FINO -ARENA NATURAL).		CANTERA, SAN DIEGO (AGREGADO GRUESO - GRAVA).	
GRAVEDAD ESPECIFICA (G).	1.73	GRAVEDAD ESPECIFICA (G).	2.610
PESO VOLUMÉTRICO (kg/m3)	1163.1	PESO VOLUMÉTRICO (kg/m3)	1686
HUMEDAD (%)	5.0	HUMEDAD (%)	1.5
ABSORCIÓN (%)	4.54	ABSORCIÓN (%)	2.5
MÓDULO DE FINURA (M.F)	1.97	TAMAÑO MÁXIMO (Ø)	3/4"

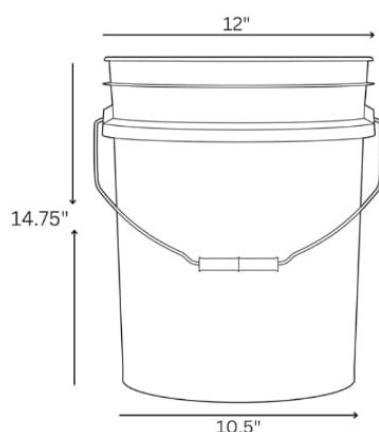
4.10 DOSIFICACIÓN PARA ARENA TRITURADA

Tabla 35: Cantidades requeridas para arena triturada.

CANTIDAD REQUERIDA PARA UN (1) M3 DE CONCRETO (EN PESO).	
AGUA DE MEZCLA (lts)	200.0
CEMENTO (kgs)	384.62
ARENA SECA (kgs)	746.79
GRAVA (kgs)	926.75

DOSIFICACIÓN EN BASE A UNA (1) BOLSA DE CEMENTO 42.5 KG (REVEN. 4").		
MATERIAL	# DE CUBETAS DE 5 GALONES	CANTIDAD DE MATERIAL POR PESO (kg)
ARENA	4.26	166.05
GRAVA	5.62	208.33
AGUA DE MEZCLA	1.17	28.08

Fuente: Elaboración propia



Diámetro promedio: 0.285 m

Altura: 0.375 m

*Volumen de cubera de 5 galones: **0.024 m3***

4.11 DOSIFICACIÓN PARA ARENA DE MAR DE LAS COSTAS DE SAN DIEGO

Tabla 36: Cantidades requeridas para arena de mar.

CANTIDAD REQUERIDA PARA UN 1M3 DE CONCRETO (EN PESO).	
AGUA DE MEZCLA (lts)	205.0
CEMENTO (kgs)	418.37
ARENA SECA (kgs)	792.04
GRAVA (kgs)	960.45

DOSIFICACIÓN EN BASE A UNA (1) BOLSA DE CEMENTO 42.5 KG (REVEN. 4").		
MATERIAL	# DE CUBETAS DE 5 GALONES	CANTIDAD DE MATERIAL POR PESO (kg)
ARENA	4.28	162.73
GRAVA	5.36	199.23
AGUA DE MEZCLA	1.1	26.40

Fuente: Elaboración propia



Diámetro promedio: 0.285 m

Altura: 0.375 m

*Volumen de cubera de 5 galones: **0.024 m3***

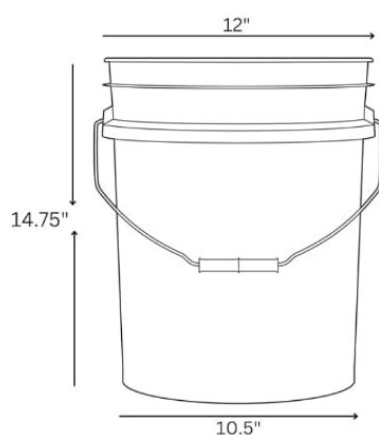
4.12 DOSIFICACIÓN PARA ARENA NATURAL RÍO LAS CAÑAS

Tabla 37: Cantidades requeridas para arena natural río Las Cañas.

CANTIDAD REQUERIDA PARA UN 1M3 DE CONCRETO (EN PESO).	
AGUA DE MEZCLA (lts)	205.0
CEMENTO (kgs)	372.7
ARENA SECA (kgs)	428.81
GRAVA (kgs)	991.9

DOSIFICACIÓN EN BASE A UNA (1) BOLSA DE CEMENTO 42.5 KG (REVEN. 4").		
MATERIAL	# DE CUBETAS DE 5 GALONES	CANTIDAD DE MATERIAL POR PESO (kg)
ARENA	3.56	99.00
GRAVA	6.14	230.27
AGUA DE MEZCLA	1.26	30.24

Fuente: Elaboración propia



Diámetro promedio: 0.285 m

Altura: 0.375 m

Volumen de cubera de 5 galones: 0.024 m3

4.13 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO NORMA APLICABLE: ASTM C39 / 23

Tabla 38: Resultados a la compresión de especímenes cilindros de concreto con arena triturada a 3, 7, 14 y 28 días.

Fecha elaboración.	fecha ruptura	Cil Nº	Ø (cm)	H (cm)	área (cm ²)	Edad (días)	F'C (kg/cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Tipo de falla	Esfuerzo Promedio. (kg/cm ²)
25/11/24	28/11/24	1	15.2	30	181.4588	3	210	25,265	139.2	6	137.2
25/11/24	28/11/24	2	15.3	30.1	183.8543	3	210	24,850	135.2	6	
25/11/24	02/12/24	3	15.1	30.3	179.0791	7	210	36,945	206.3	5	202.95
25/11/24	02/12/24	4	15.2	30.1	181.4588	7	210	36,215	199.6	5	
25/11/24	09/12/24	5	15.2	30.1	181.4588	14	210	45,650	251.6	5	248.45
25/11/24	09/12/24	6	15.3	30.4	183.8543	14	210	45,100	245.3	6	
25/11/24	23/12/24	7	15.3	30.4	183.8543	28	210	52,055	283.1	6	281.05
25/11/24	23/12/24	8	15.3	30.4	183.8543	28	210	51,300	279.0	6	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados obtenidos en las pruebas a compresión de los especímenes de concreto, utilizando arena triturada, con una resistencia de diseño de 210 kg/cm², se observa que el concreto alcanzó un promedio de resistencia a la edad de 3 días de 137.2 kg/cm², equivalente al 65.33%, este porcentaje está arriba del esperado, debido que a tres días tendría que alcanzar el 40% de la resistencia de diseño, al analizar las edades de 7, 14 y 28 días, se alcanzaron promedios de 202.95 kg/cm², 248.45 kg/cm² y 281.05 kg/cm² equivalente al 96.64%, 118.30% y 133.83% respectivamente, al evaluar el desempeño en cuanto a la resistencia, esta se alcanzó a la edad de catorce días.

Tabla 39: Resultados a la compresión de especímenes cilindros de concreto con arena de mar a 3, 7, 14 y 28 días.

Fecha elaboración.	fecha ruptura	Cil Nº	Ø (cm)	H (cm)	área (cm ²)	Edad (días)	F'C (kg/cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Tipo de falla	Esfuerzo Promedio. (kg/cm ²)
2/12/2024	5/12/2024	1	15.4	30.2	186.2655	3	210	18040	96.9	5	95.9
2/12/2024	5/12/2024	2	15.3	30.1	183.8543	3	210	17445	94.9	5	
2/12/2024	9/12/2024	3	15.4	30.0	186.2655	7	210	24740	132.8	6	130.05
2/12/2024	9/12/2024	4	15.3	30.1	183.8543	7	210	23405	127.3	5	
2/12/2024	16/12/2024	5	15.4	29.8	186.2655	14	210	33525	180.0	6	182.55
2/12/2024	16/12/2024	6	15.5	29.9	188.6924	14	210	34920	185.1	6	
2/12/2024	30/12/2024	7	15.5	29.9	188.6924	28	210	41250	218.6	5	215.55
2/12/2024	30/12/2024	8	15.5	29.9	188.6924	28	210	40105	212.5	6	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados obtenidos en las pruebas a compresión de los especímenes de concreto, utilizando arena de mar de la playa San Diego y con una resistencia de diseño de 210 kg/cm², se observa que el concreto alcanzó un promedio de resistencia a la edad de 3 días de 95.9 kg/cm², equivalente al 45.67%, este porcentaje está arriba del esperado, debido que a tres días debería de alcanzar el 40% de la resistencia de diseño, al analizar las edades de 7, 14 y 28 días, se alcanzaron promedios de 130.05 kg/cm², 182.55 kg/cm² y 215.55 kg/cm² equivalente al 62.0%, 86.92% y 102.64% respectivamente, al evaluar el desempeño en cuanto a la resistencia, esta se alcanzó a la edad de veintiocho días, observando que los resultados a los 28 días casi son similares a la resistencia de diseño.

Tabla 40: Resultados a la compresión de especímenes cilindros de concreto con arena de río Las Cañas a 3, 7, 14 y 28 días.

Fecha elaboración.	fecha ruptura	Cil Nº	Ø (cm)	H (cm)	área (cm ²)	Edad (días)	F'C (kg/cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Tipo de falla	Esfuerzo Promedio. (kg/cm ²)
25/11/24	28/11/24	1	15.21	30.1	181.712	3	210	26,320	139.8	6	139.15
25/11/24	28/11/24	2	15.20	30.0	181.461	3	210	25,230	138.5	6	
25/11/24	02/12/24	3	15.31	30.0	184.092	7	210	33,430	175.2	5	178.65
25/11/24	02/12/24	4	15.18	30.3	180.982	7	210	34,415	182.1	3	
25/11/24	09/12/24	5	15.24	30.1	182.423	14	210	39,050	209.8	3	207.70
25/11/24	09/12/24	6	15.32	30.2	184.342	14	210	38,564	205.6	2	
25/11/24	23/12/24	7	15.30	30.1	184.125	28	210	45,270	238.5	2	240.40
25/11/24	23/12/24	8	15.27	30.2	183.124	28	210	49,205	242.3	2	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados obtenidos en las pruebas a compresión de los especímenes de concreto, utilizando arena natural del río Las Cañas y con una resistencia de diseño de 210 kg/cm², se observa que el concreto alcanzó un promedio de resistencia a la edad de 3 días de 139.15 kg/cm², equivalente al 66.26%, este porcentaje está arriba del esperado, debido que a tres días debería de alcanzar el 40% de la resistencia de diseño, al analizar las edades de 7, 14 y 28 días, se alcanzaron promedios de 178.65 kg/cm², 207.70 kg/cm² y 240.40 kg/cm² equivalente al 85.07%, 98.90% y 114.48% respectivamente, al evaluar el desempeño en cuanto a la resistencia, esta se casi a los 14 días nada más haciéndole falta un 5.52%.

4.14 COMPARATIVO DE ESFUERZO A LA COMPRESION ENTRE ARENA DE MAR, ARENA DE RÍO LAS CAÑAS Y ARENA TRITURADA.

Según resultados obtenidos de resistencias a compresión, podemos observar tendencias de comportamiento de los cilindros, con respecto a los esfuerzos en cada una de las mezclas de diferentes agregados finos (Arena triturada, arena de mar y arena de río).

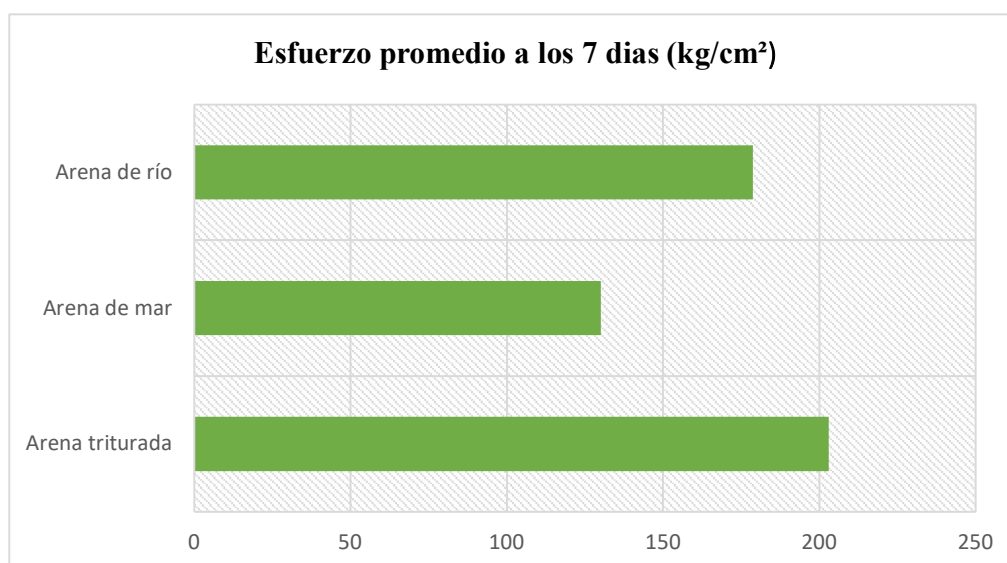
A continuación, se presentan comparación de esfuerzos en los 7,14 y 28 días de cada uno de los ensayos.

Tabla 41: Comparativo de esfuerzo a la compresión a los 7 días de edad.

Tipos de arena	Edad (días).	Carga aplicada promedio (kg).	Esfuerzo promedio (kg/cm²)	% Porcentaje alcanzado
Arena triturada	7	36,580.00	202.95	96.64
Arena de mar	7	24,072.50	130.05	61.93
Arena de río	7	33,922.50	178.65	85.07

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5: Esfuerzos a la compresión.



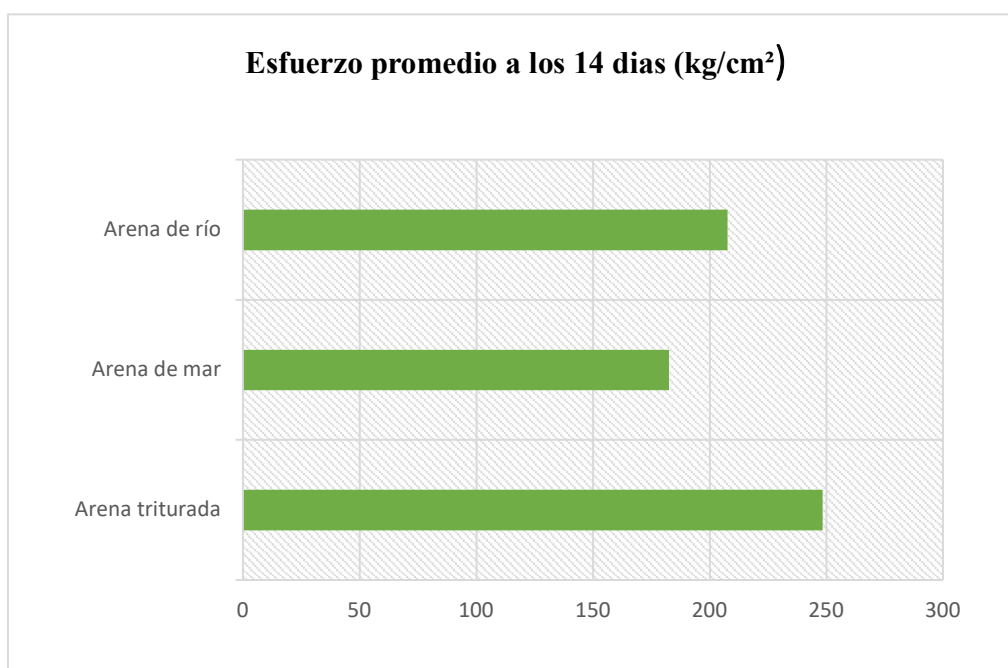
Fuente: Elaboración propia

Tabla 42: Comparativo de esfuerzo a la compresión a los 14 días de edad.

Tipos de arena	Edad (días).	Carga aplicada promedio (kg).	Esfuerzo promedio (kg/cm²)	% Porcentaje alcanzado
Arena triturada	14	45,375.00	248.45	118.31
Arena de mar	14	34,222.50	182.55	86.93
Arena de río	14	38,807.00	207.70	98.90

Elaboración propia

Gráfico 6: Esfuerzos a la compresión.



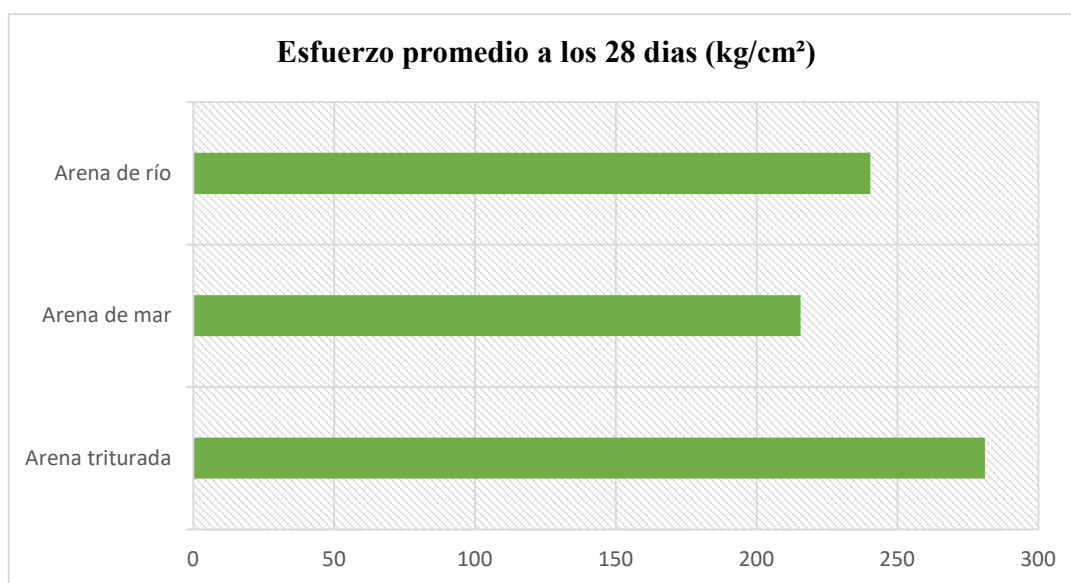
Fuente: Elaboración propia

Tabla 43: Comparativo de esfuerzo a la compresión a los 28 días de edad.

Tipos de arena	Edad (días).	Carga aplicada promedio (kg).	Esfuerzo promedio (kg/cm²)	% Porcentaje alcanzado
Arena triturada	28	51,677.50	281.05	133.83
Arena de mar	28	40,677.50	215.55	102.64
Arena de río	28	47,237.5	240.40	114.48

Elaboración propia

Gráfico 7: Esfuerzos a la compresión.



Fuente: Elaboración propia

Al analizar los resultados a la edad de 28 días, se observó que el concreto elaborado con arena de río y arena triturada, alcanzaron resistencias más que favorables, asimismo el desempeño del concreto elaborado con arena triturada de la Cantera San Diego, que alcanzó la mayor resistencia a los 28 días, no así el concreto elaborado con arena de mar, debido que la resistencia es muy ajustada y similar a la resistencia de diseño, debido a ello, no es recomendable utilizarlo como concreto estructural.

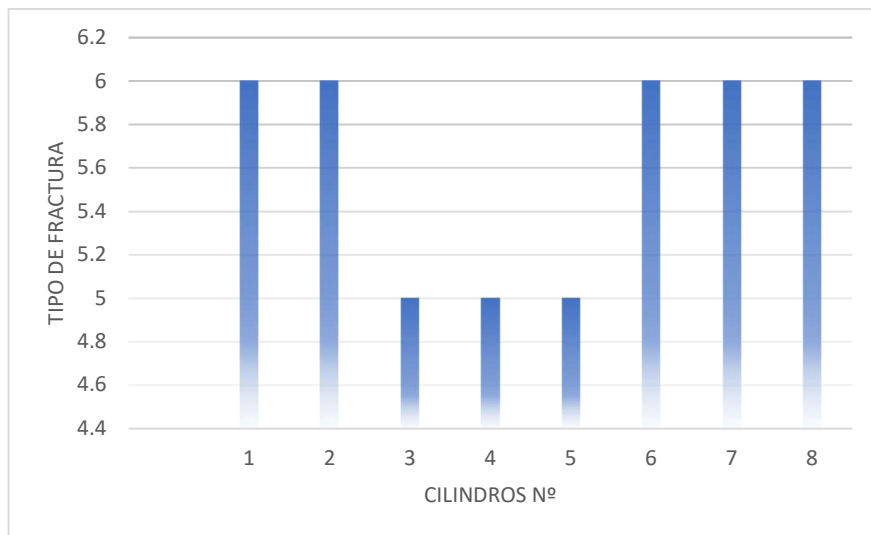
4.15 COMPARACIÓN DE TIPO DE FRACTURA.

Tabla 44: Tipos de Fracturas en ensayos realizados de cilindros de concreto con arena triturada.

Cilindros Nº	Edad (días)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Tipo de falla	Esfuerzo Promedio. (kg/cm ²)
1	3	139.2	6	137.20
2	3	135.2	6	
3	7	206.3	5	202.95
4	7	199.6	5	
5	14	251.6	5	248.45
6	14	245.3	6	
7	28	283.1	6	281.05
8	28	279.0	6	

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 8: Tipo de fracturas en cilindros con arena triturada.



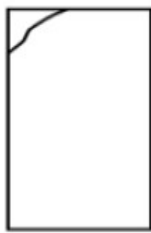


Imagen 63: Fractura tipo 5



Imagen 64: Fractura tipo 6

Tabla 45: Tipo de fracturas en ensayos realizados de cilindros de concreto con arena de mar.

Cil Nº	Edad (días)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Tipo de falla	Esfuerzo Promedio. (kg/cm ²)
1	3	96.9	5	95.90
2	3	94.9	5	
3	7	132.8	6	130.05
4	7	127.3	5	
5	14	180.0	6	182.55
6	14	185.1	6	
7	28	218.6	5	215.55
8	28	212.5	6	

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 9: Tipo de fracturas en cilindros con arena de mar.

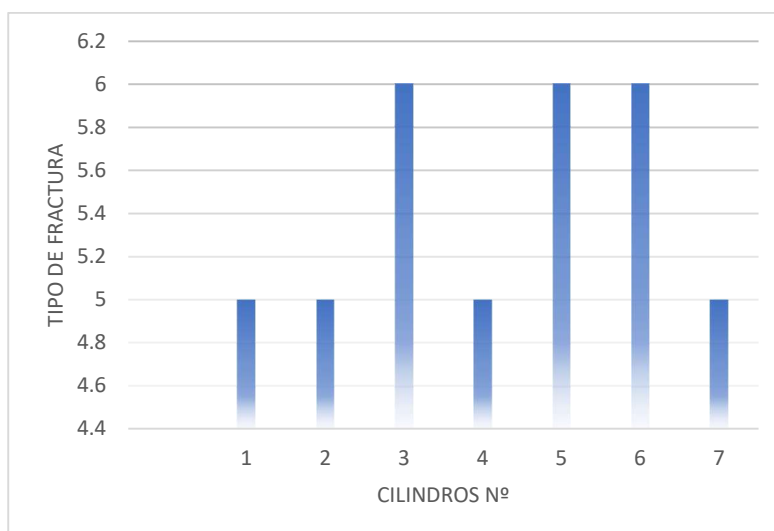




Imagen 66: Fractura tipo 5



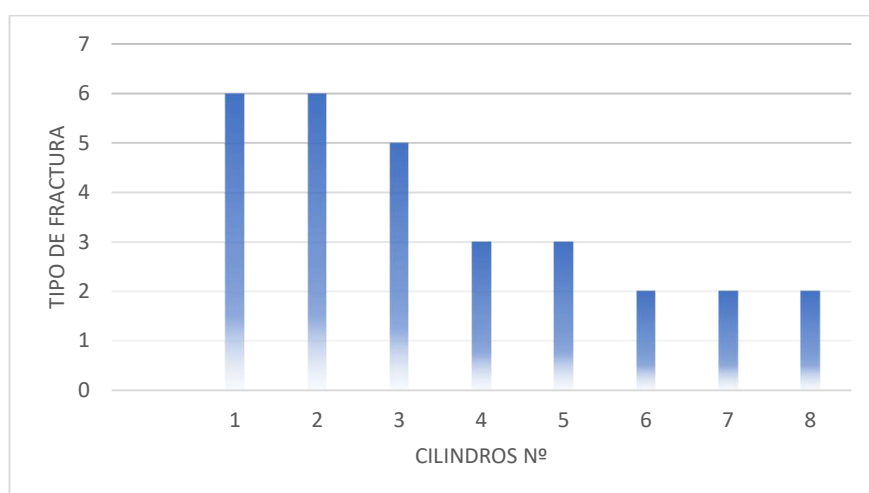
Imagen 65: Fractura tipo 6

Tabla 46: Tipos de fracturas en ensayos realizados en cilindros de concreto con arena de río Las Cañas.

Cil Nº	Edad (días)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Tipo de falla	Esfuerzo Promedio. (kg/cm ²)
1	3	139.8	6	139.15
2	3	138.5	6	
3	7	175.2	5	178.65
4	7	182.1	3	
5	14	209.8	3	207.70
6	14	205.6	2	
7	28	238.5	2	240.40
8	28	242.3	2	

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 10 Tipo de fracturas en cilindros con arena río las cañas.



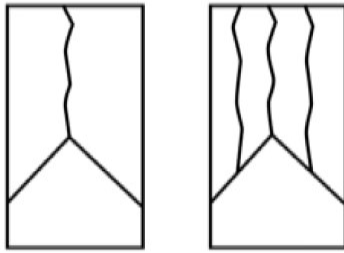


Imagen 67: Fractura tipo 2.



Imagen 68: Fractura tipo 3.

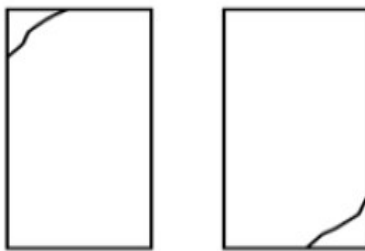


Imagen 69: Fractura tipo 6.



Imagen 70: Fractura tipo 6.

4.16 RENTABILIDAD ECONÓMICA DE LA ARENA TRITURADA, ARENA DE MAR Y LA ARENA DE RÍO.

Para comprobar la rentabilidad de esta investigación se realizó un cuadro de precios unitarios para calcular los costos de los materiales, mano de obra y herramienta utilizados, y así analizar si es factible el proyecto.

El costo de los materiales puede variar dependiendo del proveedor y de la ubicación geográfica a la que deban ser transportados. En el caso de esta investigación, la arena triturada y la grava serán suministradas por la Cantera San Diego, ubicada en el departamento de La Libertad. La muestra de arena de río será extraída del río Las Cañas en el Distrito de Apopa, en el departamento de San Salvador. Por otro lado, la arena de mar no está disponible en el mercado, ya que actualmente no existen permisos legales para su extracción, lo que imposibilita su obtención en volúmenes comerciales.

A continuación, se presenta un análisis de precios unitarios, con la finalidad de no solo establecer la diferencia en cuanto a costos entre ambos, sino también demostrando que los resultados son positivos dependiendo del rubro que se utilicen en la construcción.

4.17 COSTO POR METRO CUBICO DE CONCRETO PARA ARENA TRITURADA.

F'c propuesto 210 kg/cm² (Dosificación: 1: 2.13: 2.81)

A- MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUB TOTAL
Cemento	bls	9.05	\$ 9.50	\$ 85.98
Grava	m3	0.60	\$ 35.00	\$ 21.00
Arena triturada	m3	0.46	\$ 24.80	\$ 11.41
Agua	Lts	200.00	\$ 0.02	\$ 4.00
Combustible	Galón	0.21	\$ 4.50	\$ 0.95
SUB-TOTAL:				\$ 123.33

B-MANO DE OBRA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD DE TIEMPO	No. DE TRABAJADORES	COSTO	SUB TOTAL
Auxiliar	Día	0.21	2.00	16.00	\$ 6.72
SUB - TOTAL:					\$ 6.72

C-EQUIPO Y HERRAMIENTAS

DESCRIPCION	CAPACIDAD	RENDIMIENTO	COSTO/HORA	SUB TOTAL
herramientas varias (10% mano de obra)		1.00	\$ 0.67	\$ 0.67
Concretera 1 bolsa (Alquiler).	1 bls	0.21	\$ 25.00	\$ 5.25
SUB - TOTAL:				\$ 5.92

PRECIO UNITARIO M3 = A + B + C	\$ 135.97
---------------------------------------	------------------

Fuente: Elaboración propia

4.18 COSTO POR METRO CUBICO DE CONCRETO PARA ARENA DE MAR

F'c propuesto 210 kg/cm² (Dosificación: 1: 2.14: 2.68)

A- MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUB TOTAL
Cemento	bls	9.84	\$ 9.50	\$ 93.48
Grava	m3	0.62	\$ 35.00	\$ 21.70
Arena de mar	m3	0.50	\$ 50.00	\$ 25.00
Agua	Lts	205.00	\$ 0.02	\$ 4.10
Combustible	Galón	0.21	\$ 4.50	\$ 0.95
SUB-TOTAL:				\$ 145.23

NOTA: Para el costo de metro cubico de arena de mar se consideró el precio en base a la distancia del banco de extracción ya que actualmente este tipo de arena no es comercializada en ferreterías en volúmenes altos.

B-MANO DE OBRA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD DE TIEMPO	No. DE TRABAJADORES	COSTO	SUB TOTAL
Auxiliar	Día	0.21	2.00	16.00	\$ 6.72
SUB - TOTAL:					\$ 6.72

C-EQUIPO Y HERRAMIENTAS

DESCRIPCION	CAPACIDAD	RENDIMIENTO	COSTO/HORA	SUB TOTAL
herramientas varias (10% mano de obra)		1.00	\$ 0.67	\$ 0.67
Concretera 1 bolsa (Alquiler).	1 bls	0.21	\$ 25.00	\$ 5.25
SUB - TOTAL:				\$ 5.92

PRECIO UNITARIO M3 = A + B + C	\$ 157.87
---------------------------------------	------------------

Fuente: Elaboración propia

4.19 COSTO POR METRO CUBICO DE CONCRETO PARA ARENA DE RÍO

F'c propuesto 210 kg/cm² (Dosificación: 1: 1.78: 3.07)

A- MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUB TOTAL
Cemento	bls	8.77	\$ 9.50	\$ 83.32
Grava	m3	0.64	\$ 35.00	\$ 22.40
Arena de río	m3	0.37	\$ 35.00	\$ 9.25
Agua	Lts	205.00	\$ 0.02	\$ 4.10
Combustible	Galón	0.21	\$ 4.50	\$ 0.95
SUB-TOTAL:				\$ 120.02

B-MANO DE OBRA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD DE TIEMPO	No. DE TRABAJADORES	COSTO	SUB TOTAL
Auxiliar	Dia	0.21	2.00	16.00	\$ 6.72
SUB - TOTAL:					\$ 6.72

C-EQUIPO Y HERRAMIENTAS

DESCRIPCION	CAPACIDAD	RENDIMIENTO	COSTO/HORA	SUB TOTAL
herramientas varias (10% mano de obra)		1.00	\$ 0.67	\$ 0.67
Concretera 1 bolsa (Alquiler).	1 bls	0.21	\$ 25.00	\$ 5.25
SUB - TOTAL:				\$ 5.92

PRECIO UNITARIO M3 = A + B + C	\$ 132.66
---------------------------------------	------------------

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V:
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados a los tres tipos de arenas, así como las pruebas a compresión sobre los cilindros de concreto, han permitido llegar a varias conclusiones relevantes sobre las propiedades de las tres fuentes de arena analizadas: arena de mar en su estado natural de la playa de San Diego, El Salvador, se utilizará arena triturada suministrada por la Cantera San Diego, así como arena natural proveniente del río Las Cañas, como materiales base para la elaboración del concreto.

1. Propiedades de las arenas.

- Al realizarles los ensayos respectivos a las tres arenas (arena de mar, arena de cantera y arena natural) presentaron características de arena mal graduadas, lo que significa que no cumplen con las especificaciones ideales para la distribución granulométrica recomendada para la fabricación de concreto de alta resistencia.

Esta mala graduación afecta la calidad de la mezcla de concreto, pues una distribución granulométrica más uniforme permite una mayor densidad y cohesión entre los agregados, lo que mejora la resistencia a la compresión del concreto.

2. Resistencia a la compresión.

- A pesar de la mala graduación de las tres arenas, se observó que la arena de mar en su estado natural mostró una resistencia a la compresión significativamente baja en comparación con la arena triturada y arena natural. Esto puede atribuirse al posible contenido de sales y compuestos solubles presentes en la arena de mar, que pudieron haber interferido en la reacción química con el cemento, reduciendo así la resistencia del concreto durante el fraguado y curado.

3. Comparación entre las arenas

- La arena natural procedente del río Las Cañas, aunque es una arena mal graduada, presentó una resistencia relativamente mejor que la arena de mar. Esto se debe a que, aunque la arena natural del río puede contener impurezas, su menor contenido salino

y su forma más redondeada permite una mejor distribución en la mezcla, lo que contribuye a una mayor resistencia que la arena de mar.

La arena de cantera mostro una mejor resistencia a la compresión, probablemente debido a que tiene una forma angular más adecuada para interaccionar con el cemento, mejorando la cohesión de la mezcla.

La arena de mar mostro la resistencia más baja en comparación a la arena natural y arena de cantera esto debido a su grado de finura y la salinidad que posee la arena por lo que hace que la cohesión con el cemento sea mala.

4. Implicaciones para el uso de arena

- Los resultados sugieren que, a pesar de que las tres arenas presentaron deficiencias en términos de gradación, la arena de mar no es adecuada para la fabricación de concreto de alta resistencia. Por otro lado, la arena triturada y la arena natural, aunque mal graduadas, ofrecen un desempeño superior en términos de resistencia a la compresión, lo que las convierte en opciones preferibles para la elaboración de una mezcla de concreto.

5. Observación de los especímenes de elaborados con la arena de mar y arena natural

- Durante los 42 días de observación, los especímenes elaborados con arena de mar no presentaron cambios físicos visibles. Estos resultados preliminares sugieren que, en el corto plazo, el uso de arena de mar no generó alteraciones físicas notables en los cilindros de concreto evaluados.

5.2 RECOMENDACIONES

- Dado que los resultados del análisis granulométrico no fueron los idóneos en cuanto a la graduación, se recomienda realizar combinaciones para que el agregado fino cumpla con la curva granulométrica o los límites establecidos por la norma ASTM C33
- Se recomienda para la arena de mar investigar que tan factible y económico es realizarle un lavado, para eliminarle la sal y poder ser utilizada en la elaboración de concreto hidráulico de alta resistencia.
- Para la extracción y utilización de la arena de mar, en la producción de concreto hidráulico, se recomienda investigar en el Ministerio de Medioambiente y Recursos Naturales (MARN), cual es el proceso para la obtención de permisos para la extracción del material, si es que está permitida su extracción.
- Se recomienda implementar un periodo de monitoreo prolongado para los especímenes de concretos fabricados con arena de mar en futuras investigaciones, con el objetivo de evaluar de manera exhaustiva la evolución y los posibles cambios físicos y microestructurales que puedan presentarse a lo largo del tiempo.
- Se recomienda realizar una evaluación detallada y exhaustiva de la arena triturada y la arena del río Las Cañas, basada en los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio, incluyendo análisis granulométrico, peso específico y peso volumétrico, con el propósito de asegurar y optimizar el desempeño del concreto en su aplicación final.
- Al evaluar los resultados de los ensayos de laboratorio y los resultados del ensayo de resistencia a la compresión de los especímenes de concreto, elaborados con arena de mar en su estado natural, se recomienda el no uso de esta arena, ya que sería un riesgo colar elementos estructurales, debido que el contenido de sal sería dañino para el acero de refuerzo.
- La extracción de arena de río debe realizarse de manera controlada y regulada, siguiendo planes de manejo ambiental aprobados por las autoridades competentes. La sobreexplotación de los cauces naturales puede alterar el flujo del agua, causar erosión de riberas y afectar los ecosistemas acuáticos. Por ello, se recomienda implementar zonas y períodos de extracción autorizados, junto con programas de

monitoreo ambiental y restauración de las áreas intervenidas, para minimizar el impacto ecológico.

- Aunque la extracción de material para elaboración de agregados finos y gruesos en canteras también tiene impactos ambientales, como la deforestación, modificación del relieve y la generación de ruido y polvo, esta alternativa puede considerarse más sostenible si se realiza bajo un enfoque de explotación responsable. En este sentido se recomienda que las canteras cuenten con licencias ambientales, sistemas de control de emisiones, y planes de rehabilitación o reforestación posteriores a la explotación. Asimismo, se sugiere fomentar el uso de tecnologías eficientes y el aprovechamiento de residuos pétreos para reducir la presión sobre los recursos naturales.
- A partir de la investigación realizada sobre el uso de arena de mar proveniente de las costas salvadoreñas en la fabricación de concreto, se determinó que, si bien su aplicación técnica puede ser posible con procesos adecuados de limpieza y control del contenido salino, su extracción debe manejarse con extrema precaución debido a los impactos ambientales que puede generar.

Por lo tanto, se recomienda evitar la explotación indiscriminada de arena de mar, ya que esta actividad contribuye a la erosión costera, altera los ecosistemas marinos y afecta la biodiversidad. No obstante, si se considera necesaria su extracción en casos específicos, esta solo debería permitirse bajo un marco regulado, con los permisos ambientales correspondientes, estudios de impacto ambiental previos y medidas de compensación ecológica que garanticen la sostenibilidad del recurso y la protección de las zonas costeras.

BIBLIOGRAFÍA.

- ✓ Charles Benjamin Dudley (2003). *American Society for Testing and Materials*, Sede West Conshohocken, Estados Unidos de América.
- ✓ Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2003). *Reglamento de La Ley de Minería y sus Reformas de El Salvador*.
- ✓ Reportado por el Comité de ACI (ACI 318-08). *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*. Sede 38800 Country Club Dr., Farmington Hills, MI, 48331-3439 USA, Estados Unidos de América.
- ✓ Revista ISCYC N° 18, Biblioteca ISCYC, Publicado en Sep, (2000). San Salvador
- ✓ Revista ISCYC N° 39 Biblioteca ISCYC, Publicado en Dic, (2005). San Salvador.
- ✓ Libia Gutiérrez de López (2003). El concreto y otros materiales para la construcción, Universidad Nacional de Colombia sede Manizales.
- ✓ Ricardo Matalla Rodriguez (2014). El concreto fundamentos y nuevas tecnologías, sede Bogotá, Colombia.
- ✓ JORGE ALBERTO RUGAMAS DINART (octubre 2012). Influencia de la arena triturada, como agregado fino, en las propiedades en estado fresco y endurecido, de mezclas de concreto hidráulico.
- ✓ Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi (2004). Diseño y Control de Mezclas de Concreto.

SITIOGRAFÍA

- ✓ <https://tecnologadelconcreto.weebly.com/concepto-de-concreto-hidraacuteulico.html>
- ✓ <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/10016?show=full>
- ✓ [file:///C:/Users/Carlos/Downloads/4263-13498-2-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Carlos/Downloads/4263-13498-2-PB%20(1).pdf)
- ✓ <https://normas.imt.mx/normativa/N-CMT-4-06-001-19.pdf>
- ✓ https://oa.upm.es/21839/1/L-3_DISE_CANTERAS-completo_2.pdf
- ✓ <https://es.scribd.com/doc/176531771/Manuel-de-Explotacion-Canteras-Michel#>
- ✓ <https://www.clubensayos.com/Acontecimientos-Sociales/CONCEPTO-FUNDAMENTALES-DEL-CONCRETO-FRESCO/3012350.html>
- ✓ <https://www.surferrule.com/la-arena-de-la-playa/>.
- ✓ <https://www.google.es/intl/es/earth/index.html>.
- ✓ <http://142.93.18.15:8080/jspui/bitstream/123456789/129/1/Libro%20.pdf>
- ✓ <https://host170.sedici.unlp.edu.ar/server/api/core/bitstreams/bab0e86d-b691-499a-a1f3-c84abfe5d078/content>
- ✓ <https://conarsac.com/blog/agregados-de-construccion/>
- ✓ <https://elmarafons.icm.csic.es/wp-content/uploads/2018/04/gu%C3%Adida-did%C3%A1ctica-la-vida-en-la-arena.pdf>
- ✓ <https://sacosa.es/tipos-arena-construccion/>
- ✓ <https://sacosa.es/tipos-arena-construccion/>
- ✓ <https://www.astm.org/standards/c127>
- ✓ <https://pdfcoffee.com/astm-c-566-97-5-pdf-free.html>
- ✓ <https://pdfcoffee.com/astm-c136-19-pdf-free.html>
- ✓ <https://www.astm.org/c0128-22.html>
- ✓ <https://www.astm.org/standards/c127>

ANEXOS:

ANEXO 1

RESULTADOS DE

LABORATORIO DE

AGREGADO FINO.

MUESTRA ARENA DE

CANTERA.



DOSIFICACION DE MEZCLAS DE CONCRETO HIDRAULICO (METODO ACI)

Proyecto: PROYECTO: DISEÑO COMPARATIVO DE RESISTENCIA DE UNA MEZCLA DE CONCRETO UTILIZANDO ARENA DE MAR DE LAS COSTAS SALVADOREÑA, ARENA DE CANTERA Y ARENA DEL RIO DE LAS CAÑAS".
Elaborado por: EDWIN GARCIA Fecha: 21-nov-24

I. Especificaciones para el concreto

Resistencia a compresión a los 28 días	210 Kg/cm ²
(1) Relación a/c (Tabla A1.5.3.4(a))	0.52
Revenimiento (Tabla A1.5.3.3)	4 ± 1"
Tam.máx. agregado (Tabla A1.5.3.6)	3/4"

II. Datos del cemento

Marca tipo	Cemento Portland, Tipo
(2) Peso específico	3.10
(3) Peso Volumétrico	1500.68

III. Datos de los agregados

Grava de la cantera, San Diego		Arena Triturada	
(4) Peso específico	2.680	(7) Peso específico	2.408
(5) Peso volumétrico suelto	1543.00	(8) Peso volumétrico suelto	1638.00
(6) Peso volumétrico compactado	1685.00	(9) Modulo de Finura	3.22
% Absorción	2.50	% Absorción	4.53

IV. Determinación de las cantidades de materiales requeridas por M³

(10) Cantidad de agua (Tabla A1.5.3.3)	200 Lts.
(11) Aire atrapado en la mezcla (tabla A1.5.3.3)	0.02 %
(12) Volumen de grava (Tabla A1.5.3.6)	0.55 M ³
(13) Cantidad de cemento	384.62 Kg.
(14) Cantidad de grava	(12)* (6)= 926.75 Kg.
Determinación de la arena:	
a. Volumen Solido Cemento	(13) / [(2) * Yw]= 124.07 Lts.
b. Volumen Solido Grava	(14) / [(4) * Yw]= 345.80 Lts.
c. Volumen Agua	200 Lts.
d. Volumen Aire	1000 * (11)= 20.00 Lts.
Total (a+b+c+d)	689.87 Lts.
(15) Volumen solido arena	1000 - (a+b+c+d)= 310.13 Lts.
(16) Volumen de arena	(15) * (7) * YW= 746.79 Kg.

V. Resumen de materiales por M³

Material	Volumen Solido (Litro)	Peso (Kg)
Cemento	124.07	384.62
Arena	310.13	746.79
Grava	345.80	926.75
Agua	200	200
Aire	20.00	0
Total	1000.00	2258.15
YW =Peso unitario del agua		1.00 Kg/Lt

VI: Proporcionamiento de la mezcla por volumen

Cemento	Vc = (13) / (3)	0.26 M ³
Arena	Va = (16) / (8)	0.46 M ³
Grava	Vg = (14) / (5)	0.60 M ³
Proporción= Cemento:Arena:Grava= Vc/Vc : Va/Vc : Vg/Vc		
Vol. de cemento	Vol. Cubetas	Vol. Cubetas
1.00	2.13	2.81
Por volumen		
Agua en galones USA por bolsa de cemento de 42,5 Kg		
[(10)/3,785]/[(13)/42,5*] = Gal /bolsa		Gal./Bolsa
		5.84

CONSULTORÍA GEOTÉCNICA, TECNOLOGÍA DEL CONCRETO, EVALUACIÓN DE RIESGOS GEOLÓGICOS, MUESTREO AMBIENTAL, INGENIERÍA DE MATERIALES, PROSPECCIÓN DE SUELOS.
Reperto montecarmelo, polígono U casa #13, Cuscatancingo, San Salvador
TELÉFONO: 2204-8453 - 7008-0378 E-mail: laboratoriodesuelos@gmail.com



GRANULOMETRIA DE ARENA ASTM C-136

PROCEDENCIA: SAN DIEGO FECHA MUESTREO: 1/11/2024
CÓDIGO DE LA MUESTRA: ARENA TRITURADA FECHA DE ENSAYO: 21/11/2024

PROYECTO: DISEÑO COMPARATIVO DE RESISTENCIA DE UNA MEZCLA DE CONCRETO UTILIZANDO ARENA DE MAR DE LAS COSTAS SALVADOREÑA, ARENA DE CANTERA Y ARENA DEL RIO DE LAS CAÑAS".

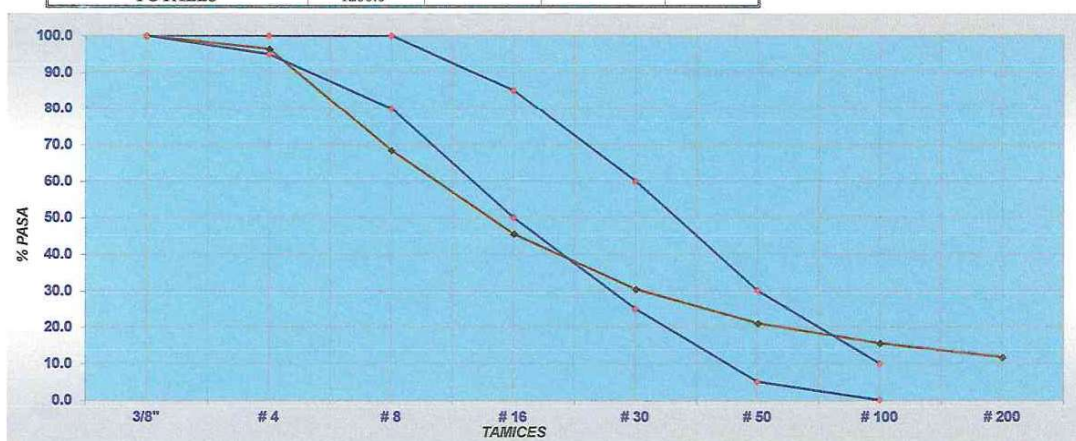
MAT. HUMEDO	PESOS HUMEDOS (g)	MAT. LAVADO EN LA No.200	PESOS SECO (g)
Peso bruto (g)	1538.3	INICIAL	1200.0
Hum. inicial%	0.0	RET. TOTAL	1058.7
Tara:	338.3	PASA LAVADO	-
Peso Seco neto (g)	1200.0	PASA No.200 TOTAL	141.3
Modulo de Finura	3.22	Cu =	2.43
Especificación	2.3 - 3.1	Cc =	1.02
Diametros	D60	D30	D10
Aberturas	0.85	0.55	0.350

Agregados	Porcentajes
% Grava =	3.5
% Arena =	84.7
% Finos =	11.8
Σ =	100.0

ANALISIS GRANULOMETRICO

TAMÍZ	Abertura en mm.	Peso ret. parcial (g)	% Retenido Parcial	% Ret. Acumulado	% Que pasa
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0
# 4	4.750	42.4	3.5	3.5	96.5
# 8	2.360	335.9	28.0	31.5	68.5
# 16	1.180	274.9	22.9	54.4	45.6
# 30	0.600	181.1	15.1	69.5	30.5
# 50	0.300	112.1	9.3	78.9	21.1
# 100	0.150	66.1	5.5	84.4	15.6
# 200	0.075	46.2	3.9	88.2	11.8
FONDO		141.3	11.8	100.0	
TOTALES		1200.0			

Especificación AASHTO M 45 Tabla -1 Arena Natural	
100	100
95	100
80	100
50	85
25	60
5	30
0	10



DESCRIPCIÓN:

Muestra Proporcionada Por el interesado

PROCEDENCIA: BANCO SAN DIEGO





PESOS ESPECIFICOS Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS
ASTM C 128

Fecha del Muestreo:	1/11/2024
Fecha del Ensayo:	21/11/2024
Tipo de Material:	ARENA TRITURADA

PROYECTO: DISEÑO COMPARATIVO DE RESISTENCIA DE
UNA MEZCLA DE
CONCRETO UTILIZANDO ARENA DE MAR DE LAS COSTAS
SALVADOREÑA, ARENA DE CANTERA Y ARENA DEL RIO DE
LAS CAÑAS".

Datos del Ensayo	Formula	Ensayo No. 1	Ensayo No. 2	
Masa seca al horno + peso cápsula (gms)	p	716.4	716.0	
Peso cápsula (gms)	t	238.2	237.5	
Masa seca al horno (gms)	a	478.2	478.5	
Masa del picnómetro lleno con agua (gms)	b	1445.4	1445.4	
Masa del picnómetro + muestra+agua (gms)	c	1747.5	1746.0	
Masa de la muestra superficie saturada seca (gms)	d	500.0	500.0	
Volumen del picnómetro (cm ³)	v	1273.5	1273.5	
Masa del picnómetro vacío (gms)	m	171.9	171.9	Promedio
Gravedad Específica Bruta Seca (gr/cm ³)	Gsb	2.416	2.400	2.408
Gravedad Específica Bruta superficie saturada seca (gr/cm ³)	$Gsbsss$	2.527	2.508	2.517
Temperatura del agua en °C	t	23.0	23.0	23.0
Factor de Corrección por Temperatura (mg/m ³)	F^*t	0.99750	0.9975	0.9975
Gravedad Específica Aparente (gr/cm ³)	-	2.716	2.690	2.703
Gravedad Específica Aparente por Temperatura (gr/cm ³)	G_a	2.709	2.683	2.696
% de absorción	$\%Abs$	4.6	4.5	4.53

OBSERVACIONES: PROCEDENCIA: SAN DIEGO

Muestra Proporcionado Por el interesado

Lagos y Asociados
INGENIEROS CONSULTORES
S.A. DE C.V.
RAYAEL HERIBERTO MONTERROSA
JEFE DE LABORATORIO



Lagos y Asociados Ingenieros Consultores S.A. de C.V.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

**DENSIDAD BULK ("PESO UNITARIO") Y VACIOS EN EL AGREGADO
(ASTM C 29 M)**

Fecha del Muestreo:	1/11/2024
Fecha del Ensayo:	21/11/2024
Tipo de Material:	ARENA TRITURADA

PROYECTO: DISEÑO COMPARATIVO DE RESISTENCIA DE UNA MEZCLA DE CONCRETO UTILIZANDO ARENA DE MAR DE LAS COSTAS SALVADOREÑA, ARENA DE CANTERA Y ARENA DEL RIO DE LAS CAÑAS.

PESO UNITARIO SUELTO Kg / m³

Molde N°	Tamaño Nominal de la Muestra	Diámetro del Molde en (cm)	Altura del Molde (cm)	Peso del Molde (g)	Volumen del Molde (cm ³)
N°- 001	3/8"	15.20	15.2	2719.0	2758.10

Ensayo N°	Peso de Muestra + Molde (g)	Peso del Molde (g)	Peso Neto (g)	Volumen del Molde (cm ³)	Peso Volumétrico (Kg/m ³)
N°-001	7240.0	2719.0	4521.0	2758.1	1639.2
N°-002	7224.0	2719.0	4505.0	2758.1	1633.4
N°-003	7252.0	2719.0	4533.0	2758.1	1643.5
PROMEDIO =					1638.7 (Kg/m ³)

CALCULO DE % DE VACIOS INTERPARTICULAS

FORMULA:

$$\% \text{ VACIOS} = 100 * [(S*W) - M] / (S*W)$$

S = Gravedad Especifica Seca Bulk de Acuerdo a ASTM C 127 **2.408 (gr/cm³)**
W = Densidad del Agua a 23 °c Según Tabla N°03 AASHTO T 19M **997.54 (kg/m³)**
M = Peso Volumétrico Suelto AASHTO T 19M **1638.7 (kg/m³)**

$$\% \text{ De Vacios} = 31.8$$

PESO UNITARIO COMPACTADO Kg / m³

Molde N°	Tamaño Nominal de la Muestra	Diámetro del Molde en (cm)	Altura del Molde (cm)	Peso del Molde (g)	Volumen del Molde (cm ³)
N°- 001	3/8"	15.20	15.2	2719.0	2758.10

Ensayo N°	Peso de Muestra + Molde (g)	Peso del Molde (g)	Peso Neto (g)	Volumen del Molde (cm ³)	Peso Volumétrico (Kg/m ³)
N°-001	7771.0	2719.0	5052.0	2758.1	1831.7
N°-002	7791.0	2719.0	5072.0	2758.1	1838.9
N°-003	7782.0	2719.0	5063.0	2758.1	1835.7
PROMEDIO =					1835.4 (Kg/m ³)

CALCULO DE % DE VACIOS INTERPARTICULAS

FORMULA:

$$\% \text{ VACIOS} = 100 * [(S*W) - M] / (S*W)$$

S = Gravedad Especifica Seca Bulk de Acuerdo a ASTM C 127 **2.408 (gr/cm³)**
W = Densidad del Agua a 23 °c Según Tabla N°03 AASHTO T 19M **997.54 (kg/m³)**
M = Peso Volumétrico Compactado AASHTO T 19M **1835.4 (kg/m³)**

$$\% \text{ De Vacios} = 23.6$$

OBSERVACIONES PROCEDENCIA: SAN DIEGO

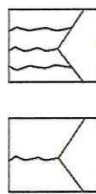
Material proporcionado por el interesado

LAGOS Y ASOCIADOS
INGENIEROS CONSULTORES
RAFAEL HERIBERTO MONTERROSA
JEFE DE LABORATORIO

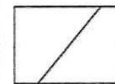
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS ASTM C-39

PROYECTO:

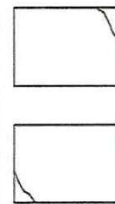
$\text{---} \bullet \mid \mid \text{---} \bullet < 1 \text{ in. [25 mm]}$



Type 1
Reasonably well-formed
zones on both ends, less
than 1 in. [25 mm] of
cracking through caps



Type 3
Columnar vertical cracking
through both ends, no well-
formed cones



Type 5
Side fractures at top or bottom (occur commonly with unbonded caps)



Type 6
Similar to Type 5 but end
of cylinder is pointed

ANEXO 2

RESULTADOS DE

LABORATORIO DE

AGREGADO FINO.

MUESTRA ARENA DE MAR.



DOSIFICACION DE MEZCLAS DE CONCRETO HIDRAULICO (METODO ACI)

Proyecto: PROYECTO: DISEÑO COMPARATIVO DE RESISTENCIA DE UNA MEZCLA DE CONCRETO UTILIZANDO ARENA DE MAR DE LAS COSTAS SALVADOREÑA, ARENA DE CANTERA Y ARENA DEL RIO DE LAS CAÑAS".
Elaborado por: EDWIN GARCIA Fecha: 21-nov-24

I. Especificaciones para el concreto

Resistencia a compresión a los 28 días	210 Kg/cm ²
(1) Relación a/c (Tabla A1.5.3.4(a))	0.49
Revenimiento (Tabla A1.5.3.3)	4 ± 1"
Tam.máx. agregado (Tabla A1.5.3.6)	3/4"

II. Datos del cemento

Marca tipo	Cemento Portland, Tipo
(2) Peso específico	3.10
(3) Peso Volumétrico	1500.68

III. Datos de los agregados

Grava de la cantera, San Diego		Arena de Mar	
(4) Peso específico	2.680	(7) Peso específico	2.812
(5) Peso volumétrico suelto	1543.00	(8) Peso volumétrico suelto	1595.00
(6) Peso volumétrico compactado	1685.00	(9) Modulo de Finura	1.44
% Absorción	2.50	% Absorción	0.50

IV. Determinación de las cantidades de materiales requeridas por M³

(10) Cantidad de agua (Tabla A1.5.3.3)	205 Lts.
(11) Aire atrapado en la mezcla (tabla A1.5.3.3)	0.02 %
(12) Volumen de grava (Tabla A1.5.3.6)	0.57 M ³
(13) Cantidad de cemento	418.37 Kg.
(14) Cantidad de grava	(12) * (6) = 960.45 Kg.
Determinación de la arena:	
a. Volumen Solido Cemento	(13) / [(2) * Yw] = 134.96 Lts.
b. Volumen Solido Grava	(14) / [(4) * Yw] = 358.38 Lts.
c. Volumen Agua	205 Lts.
d. Volumen Aire	1000 * (11) = 20.00 Lts.
Total (a+b+c+d)	718.33 Lts.
(15) Volumen solido arena	1000 - (a+b+c+d) = 281.67 Lts.
(16) Volumen de arena	(15) * (7) * YW = 792.04 Kg.

V. Resumen de materiales por M³

Material	Volumen Solido (Litro)	Peso (Kg)
Cemento	134.96	418.37
Arena	281.67	792.04
Grava	358.38	960.45
Agua	205	205
Aire	20.00	0
Total	1000.00	2375.86

YW =Peso unitario del agua 1.00 Kg/Lt

VI: Proporcionamiento de la mezcla por volumen

Cemento	Vc = (13) / (3)	0.28 M ³
Arena	Va = (16) / (8)	0.50 M ³
Grava	Vg = (14) / (5)	0.62 M ³
Proporción= Cemento:Arena:Grava= Vc/Vc : Va/Vc : Vg/Vc		
Vol. de cemento	Vol. Cubetas	Vol. Cubetas
1.00	2.14	2.68
Agua en galones USA por bolsa de cemento de 42,5 Kg		
[(10)/3,785]/[(13)/42,5*] = Gal /bolsa		Gal./Bolsa
		5.50



Lagos y Asociados Ingenieros Consultores S.A. de C.V.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

GRANULOMETRIA DE ARENA ASTM C-136

PROCEDENCIA:

SAN DIEGO

FECHA MUESTREO : 1/11/2024

CÓDIGO DE LA MUESTRA

ARENA DE MAR

FECHA DE ENSAYO : 21/11/2024

PROYECTO: DISEÑO COMPARATIVO DE RESISTENCIA DE UNA MEZCLA DE CONCRETO UTILIZANDO ARENA DE MAR DE LAS COSTAS SALVADOREÑA, ARENA DE CANTERA Y ARENA DEL RIO DE LAS CAÑAS".

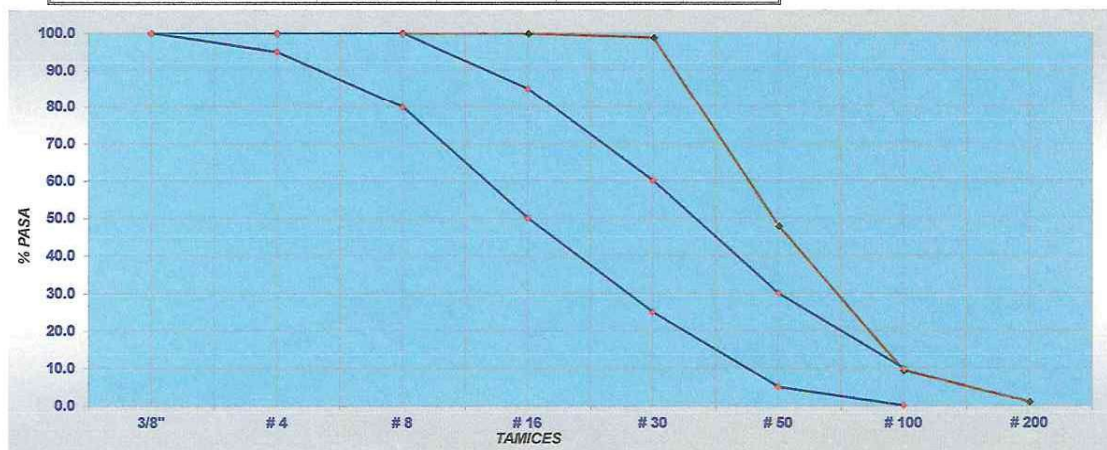
MAT. HUMEDO	PESOS HUMEDOS (g)	MAT. LAVADO EN LA No.200	PESOS SECO (g)
Peso bruto (g)	567.1	INICIAL	500.0
Hum. inicial%	0.0	RET. TOTAL	494.6
Tara:	67.1	PASA LAVADO	-
Peso Seco neto (g)	500.0	PASA No.200 TOTAL	5.4
Modulo de Finura	1.44	Cu =	2.43
Especificación	2.3 - 3.1	Cc =	1.02
Diametros	D60	D30	D10
Aberturas	0.85	0.55	0.350

Agregados	Porcentajes
% Grava =	0.0
% Arena =	98.9
% Finos =	1.1
Σ =	100.0

ANALISIS GRANULOMETRICO

TAMIZ	Abertura en mm.	Peso ret. parcial (g)	% Retenido Parcial	% Ret. Acumulado	% Que pasa
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0
# 4	4.750	0.0	0.0	0.0	100.0
# 8	2.360	0.0	0.0	0.0	100.0
# 16	1.180	0.4	0.1	0.1	99.9
# 30	0.600	5.4	1.1	1.2	98.8
# 50	0.300	254.5	50.9	52.1	47.9
# 100	0.150	192.7	38.5	90.6	9.4
# 200	0.075	41.6	8.3	98.9	1.1
FONDO		5.4	1.1	100.0	
TOTALES		500.0			

Especificación AASHTO M 45 Tabla -1 Arena Natural	
100	100
95	100
80	100
50	85
25	60
5	30
0	10



DESCRIPCIÓN:

Muestra Proporcionalizada Por el interesado

PROCEDENCIA: BANCO SAN DIEGO





Lagos y Asociados Ingenieros Consultores S.A. de C.V.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

PESOS ESPECIFICOS Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS
ASTM C 128

Fecha del Muestreo:	1/11/2024
Fecha del Ensayo:	21/11/2024
Tipo de Material:	ARENA DE MAR

PROYECTO: DISEÑO COMPARATIVO DE RESISTENCIA DE
UNA MEZCLA DE CONCRETO UTILIZANDO ARENA DE MAR
DE LAS COSTAS SALVADOREÑA, ARENA DE CANTERA Y
ARENA DEL RIO DE LAS CAÑAS".

Datos del Ensayo	Formula	Ensayo No. 1	Ensayo No. 2	
Masa seca al horno + peso cápsula (gms)	<i>p</i>	562.8	562.9	
Peso cápsula (gms)	<i>t</i>	65.3	65.3	
Masa seca al horno (gms)	<i>a</i>	497.5	497.6	
Masa del picnómetro lleno con agua (gms)	<i>b</i>	1454.3	1455.3	
Masa del picnómetro + muestra+agua (gms)	<i>c</i>	1777.4	1778.3	
Masa de la muestra superficie saturada seca (gms)	<i>d</i>	500.0	500.0	
Volumen del picnómetro (cm ³)	<i>v</i>	1282.4	1282.4	
Masa del picnómetro vacío (gms)	<i>m</i>	171.9	171.9	Promedio
Gravedad Especifica Bruta Seca (gr/cm ³)	<i>Gsb</i>	2.812	2.811	2.812
Gravedad Especifica Bruta superficie saturada seca (gr/cm ³)	<i>Gsbsss</i>	2.826	2.825	2.826
Temperatura del agua en °C	<i>t</i>	23.0	23.0	23.0
Factor de Corrección por Temperatura (mg/m ³)	<i>F_t</i>	0.99750	0.9975	0.9975
Gravedad Especifica Aparente (gr/cm ³)	-	2.853	2.850	2.851
Gravedad Especifica Aparente por Temperatura (gr/cm ³)	<i>Ga</i>	2.846	2.843	2.844
% de absorción	<i>%Abs</i>	0.5	0.5	0.49

OBSERVACIONES: PROCEDENCIA: SAN DIEGO

Muestra Proporcionado Por el interesado

LAGOS Y ASOCIADOS
INGENIEROS CONSULTORES
S.A. DE C.V.
RAFAEL HERIBERTO MONTERROSA
JEFE DE LABORATORIO



Lagos y Asociados Ingenieros Consultores S.A. de C.V.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

**DENSIDAD BULK ("PEÑO UNITARIO") Y VACIOS EN EL AGREGADO
(ASTM C 29 M)**

Fecha del Muestreo:	1/11/2024
Fecha del Ensayo:	21/11/2024
Tipo de Material:	ARENA DE MAR

PROYECTO: DISEÑO COMPARATIVO DE RESISTENCIA DE UNA MEZCLA DE
CONCRETO UTILIZANDO ARENA DE MAR DE LAS COSTAS
SALVADOREÑA, ARENA DE CANTERA Y ARENA DEL RIO DE LAS CAÑAS.

PEÑO UNITARIO SUELTO Kg / m³

Molde N°	Tamaño Nominal de la Muestra	Diámetro del Molde en (cm)	Altura del Molde (cm)	Peso del Molde (g)	Volumen del Molde (cm ³)
N°- 001	3/8"	15.20	15.2	2719.0	2758.10

Ensayo N°	Peso de Muestra + Molde (g)	Peso del Molde (g)	Peso Neto (g)	Volumen del Molde (cm ³)	Peso Volumétrico (Kg/m ³)
N°-001	7116.0	2719.0	4397.0	2758.1	1594.2
N°-002	7124.0	2719.0	4405.0	2758.1	1597.1
N°-003	7117.0	2719.0	4398.0	2758.1	1594.6

PROMEDIO = 1595.3 (Kg/m³)

CALCULO DE % DE VACIOS INTERPARTICULAS

FORMULA:

$$\% \text{ VACIOS} = 100 * [(S*W) - M] / (S*W)$$

S = Gravedad Especifica Seca Bulk de Acuerdo a ASTM C 127

2.812 (gr/cm³)

W = Densidad del Agua a 23 °c Según Tabla N°03 AASHTO T 19M

997.54 (kg/m³)

M = Peso Volumétrico Suelto AASHTO T 19M

1595.3 (kg/m³)

$$\% \text{ De Vacios} = 43.1$$

PEÑO UNITARIO COMPACTADO Kg / m³

Molde N°	Tamaño Nominal de la Muestra	Diámetro del Molde en (cm)	Altura del Molde (cm)	Peso del Molde (g)	Volumen del Molde (cm ³)
N°- 001	3/8"	15.20	15.2	2719.0	2758.10

Ensayo N°	Peso de Muestra + Molde (g)	Peso del Molde (g)	Peso Neto (g)	Volumen del Molde (cm ³)	Peso Volumétrico (Kg/m ³)
N°-001	7570.0	2719.0	4851.0	2758.1	1758.8
N°-002	7571.0	2719.0	4852.0	2758.1	1759.2
N°-003	7585.0	2719.0	4866.0	2758.1	1764.3

PROMEDIO = 1760.8 (Kg/m³)

CALCULO DE % DE VACIOS INTERPARTICULAS

FORMULA:

$$\% \text{ VACIOS} = 100 * [(S*W) - M] / (S*W)$$

S = Gravedad Especifica Seca Bulk de Acuerdo a ASTM C 127

2.812 (gr/cm³)

W = Densidad del Agua a 23 °c Según Tabla N°03 AASHTO T 19M

997.54 (kg/m³)

M = Peso Volumétrico Compactado AASHTO T 19M

1760.8 (kg/m³)

$$\% \text{ De Vacios} = 37.2$$

OBSERVACIONES PROCEDENCIA: SAN DIEGO

Material proporcionado por el interesado

LAGOS Y ASOCIADOS
INGENIEROS CONSULTORES
RAFAEL HERBERTO MONTERROSA
JEFE DE LABORATORIO



Lagos y Asociados Ingenieros Consultores S.A. de C.V.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS ASTM C-39

PROYECTO: DISEÑO COMPARATIVO DE RESISTENCIA DE UNA MEZCLA DE CONCRETO UTILIZANDO ARENA DE MAR DE LAS COSTAS SALVADOREÑA, ARENA DE CANTERA Y ARENA DEL RIO DE LAS CAÑAS".

INTERESADO			UNIVERSIDAD TECNICA LATINOAMERICANA			UBICACIÓN:			Laboratorio Central			HOJA		
Fecha			No			Edad			Diametro			Altura		
Colado			Cilindro			(dias)			(cm)			(cm)		
Ruptura														
2/12/2024	5/12/2024	1	3	15.4	30.2	1.96	13112	186.2655	210	18040	96.9	5	Diseño arena de mar	
2/12/2024	5/12/2024	2	3	15.3	30.1	1.97	12929	183.8543	210	17445	94.9	5		
2/12/2024	9/12/2024	3	7	15.4	30.0	1.95	12774	186.2655	210	24740	132.8	6	Diseño arena de mar	
2/12/2024	9/12/2024	4	7	15.3	30.1	1.97	12831	183.8543	210	23405	127.3	5		
2/12/2024	16/12/2024	5	14	15.4	29.8	1.94	13140	186.2655	210	33525	180.0	6	Diseño arena de mar	
2/12/2024	16/12/2024	6	14	15.5	29.9	1.93	13155	188.6924	210	34920	185.1	6		
2/12/2024	30/12/2024	7	28	15.5	29.9	1.93	13196	188.6924	210	41250	218.6	5	Diseño arena de mar	
2/12/2024	30/12/2024	8	28	15.5	29.9	1.93	13500	188.6924	210	40105	212.5	6		

Type 1
Reasonably well-formed cones on both ends, less than 1 in. [25 mm] of cracking through caps

Type 2
Well-formed cone on one end, vertical cracks running through caps, no well-defined cone on other end

Type 3
Columnar vertical cracking through both ends, no well-formed cones

Type 4
Diagonal fracture with no cracking through ends; top with hammer to distinguish from Type 1

Type 5
Side fractures at top or bottom (occur commonly with unbonded caps)

Type 6
Similar to Type 5 but end of cylinder is pointed

Ing. Responsable del laboratorio

ANEXO 3

RESULTADOS DE

LABORATORIO DE

AGREGADO FINO.

MUESTRA ARENA DE RÍO

LAS CAÑAS.



Lagos y Asociados Ingenieros Consultores S.A. de C.V.

DOSIFICACION DE MEZCLAS DE CONCRETO HIDRAULICO (METODO ACI)

Proyecto: PROYECTO: DISEÑO COMPARATIVO DE RESISTENCIA DE UNA MEZCLA DE CONCRETO UTILIZANDO ARENA DE MAR DE LAS COSTAS SALVADOREÑA, ARENA DE CANTERA Y ARENA DEL RIO DE LAS CAÑAS".

Elaborado por: EDWIN GARCIA Fecha: 21 - nov - 24

I. Especificaciones para el concreto

Resistencia a la compresión a los 28 días	210 Kg/cm ²
(1) Relación a/c (Tabla A1.5.3.4(a))	0.55
Revenimiento (Tabla A1.5.3.3)	4 ± 1"
Tam.máx. agregado (Tabla A1.5.3.6)	3/4"

II. Datos del cemento

Marca tipo	Cemento Portland, Tipo
(2) Peso específico	3.10
(3) Peso Volumétrico	1500.68

III. Datos de los agregados

Grava de la cantera, San Diego		Arena de Rio	
(4) Peso específico	2.680	(7) Peso específico	1.727
(5) Peso volumétrico suelto	1543.00	(8) Peso volumétrico suelto	1163.1
(6) Peso volumétrico compactado	1685.00	(9) Modulo de Finura	1.97
% Absorción	2.50	% Absorción	4.54

IV. Determinación de las cantidades de materiales requeridas por M³

(10) Cantidad de agua (Tabla A1.5.3.3)	205 Lts.
(11) Aire atrapado en la mezcla (tabla A1.5.3.3)	0.02 %
(12) Volumen de grava (Tabla A1.5.3.6)	0.56 M ³
(13) Cantidad de cemento	372.7 Kg,
(14) Cantidad de grava	(12) * (6) = 991.9 Kg,
Determinación de la arena:	
a. Volumen Solido Cemento	(13) / [(2) * Yw] = 125.9 Lts.
b. Volumen Solido Grava	(14) / [(4) * Yw] = 361.7 Lts.
c. Volumen Agua	205 Lts.
d. Volumen Aire	1000 * (11) = 20.00 Lts.
Total (a+b+c+d)	712.6 Lts.
(15) Volumen solido arena	1000 - (a+b+c+d) = 248.3 Lts.
(16) Volumen de arena	(15) * (7) * YW = 428.81 Kg,

V. Resumen de materiales por M³

Material	Volumen Solido (Litro)	Peso (Kg)
Cemento	125.9	372.7
Arena	248.3	428.81
Grava	361.7	991.9
Agua	205	205
Aire	20.00	0
Total	960.9	1998.41

YW = Peso unitario del agua 1.00 Kg/Lt

VI: Proporcionamiento de la mezcla por volumen

Cemento	Vc = (13) / (3)	0.25 M ³
Arena	Va = (16) / (8)	0.37 M ³
Grava	Vg = (14) / (5)	0.64 M ³
Proporción= Cemento:Arena:Grava= VC/VC : VA/VC : VG/VC		
Vol. de cemento	Vol. Cubetas	Vol. Cubetas
1.00	1.78	3.07
Por volumen		
Agua en galones USA por bolsa de cemento de 42.5 Kg		
[(10)/3,785]/[(13)/42,5*] = Gal /bolsa		Gal./Bolsa
		6.31

CONSULTORÍA GEOTÉCNICA, TECNOLOGÍA DEL CONCRETO, EVALUACIÓN DE RIESGOS GEOLÓGICOS, MUESTREO AMBIENTAL, INGENIERÍA DE MATERIALES, PROSPECCIÓN DE SUELOS.
Reperto montecarmelo, polígono U casa #13, Cuscatancingo, San Salvador
TELÉFONO: 2204-8453 - 7008-0378 E-mail: laboratoriodesuelos@gmail.com



GRANULOMETRIA DE ARENA ASTM C-136

PROCEDENCIA: RIO LAS CAÑAS
CÓDIGO DE LA MUESTRA: ARENA DE RIO

FECHA MUESTREO: 1/11/2024
FECHA DE ENSAYO: 21/11/2024

PROYECTO: "DISEÑO COMPARATIVO DE RESISTENCIA DE UNA MEZCLA DECONCRETO UTILIZANDO ARENA DE MAR DE LAS COSTAS SALVADOREÑA, ARENA DE CANTERA Y ARENA DEL RIO DE LAS CAÑAS".

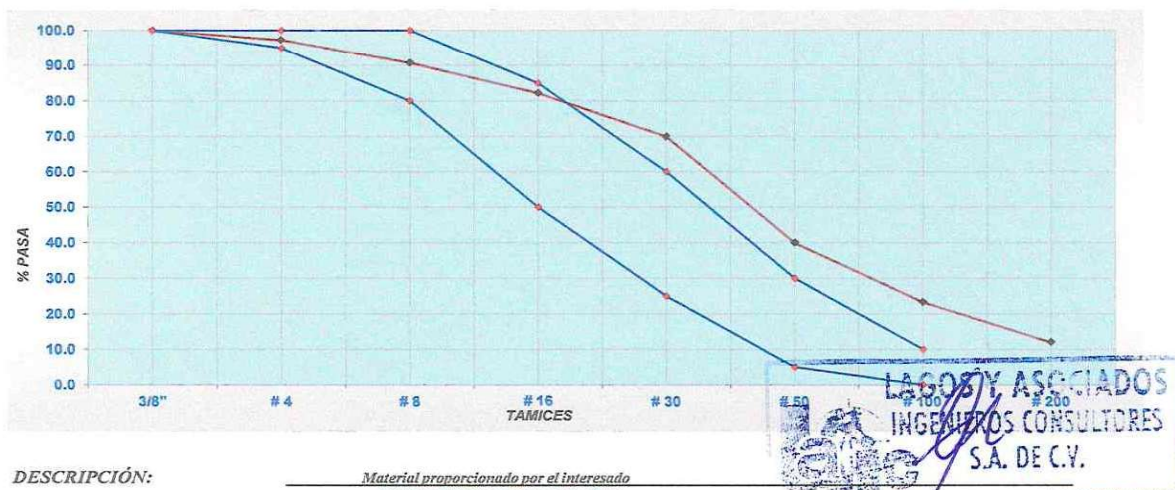
MAT. HUMEDO	PESOS HUMEDOS (g)	MAT. LAVADO EN LA No.200	PESOS SECO (g)
Peso bruto (g)	1157.0	INICIAL	822.0
Hum. inicial%	0.0	RET. TOTAL	723.8
Tara:	335	PASA LAVADO	98.2
Peso Seco neto (g)	822.0	PASA No.200 TOTAL	98.2
Modulo de Finura	1.97	Cu =	4.06
Especificación	2.3 - 3.1	Cc =	1.89
Diametros	D60	D30	D10
Aberturas	0.3	0.2	0.1

Agregados	Porcentajes
% Grava =	2.9
% Arena =	85.2
% Finos =	11.9
Σ =	100.0

ANALISIS GRANULOMETRICO

TAMIZ	Abertura en mm.	Peso ret. parcial (g)	% Retenido Parcial	% Ret. Acumulado	% Que pasa
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0
# 4	4.750	23.1	2.8	2.8	97.2
# 8	2.360	53.3	6.5	9.3	90.7
# 16	1.180	70.0	8.5	17.8	82.2
# 30	0.600	101.3	12.3	30.1	69.9
# 50	0.300	245.7	29.9	60.0	40.0
# 100	0.150	136.7	16.6	76.7	23.3
# 200	0.075	93.7	11.4	88.1	11.9
FONDO		98.2	11.9	100.0	
TOTALES		822.0			

Especificación AASHTO M 45 Tabla -1 Arena Natural	
100	100
95	100
80	100
50	85
25	60
5	30
0	10



DESCRIPCIÓN:

Material proporcionado por el interesado
PROCEDENCIA RIO LAS CAÑAS

Rafael Heriberto Monterrosa
Jefe de Laboratorio



PESOS ESPECIFICOS Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS
ASTM C 128

PROYECTO: "DISEÑO COMPARATIVO DE RESISTENCIA DE UNA MEZCLA DE CONCRETO UTILIZANDO ARENA DE MAR DE LAS COSTAS SALVADOREÑA, ARENA DE CANTERA Y ARENA DE RIO LAS CAÑAS.

Fecha del Muestreo:	1/11/2024
Fecha del Ensayo:	21/11/2024
Tipo de Material:	ARENA DE RIO

Datos del Ensayo	Formula	Ensayo No. 1	Ensayo No. 2	
Masa seca al horno + peso cápsula (gms)	<i>p</i>	478.2	478.4	
Peso cápsula (gms)	<i>t</i>	0.0	0.0	
Masa seca al horno (gms)	<i>a</i>	478.2	478.4	
Masa del picnómetro lleno con agua (gms)	<i>b</i>	1454.1	1454.1	
Masa del picnómetro + muestra+agua (gms)	<i>c</i>	1677.3	1677.1	
Masa de la muestra superficie saturada seca (gms)	<i>d</i>	500.0	500.0	
Volumen del picnómetro (cm ³)	<i>v</i>	1282.2	1282.2	
Masa del picnómetro vacío (gms)	<i>m</i>	171.9	171.9	Promedio
Gravedad Especifica Bruta Seca (gr/cm ³)	<i>Gsb</i>	1.728	1.727	1.727
Gravedad Especifica Bruta superficie saturada seca (gr/cm ³)	<i>Gsbsss</i>	1.806	1.805	1.806
Temperatura del agua en °C	<i>t</i>	24.0	23.0	23.5
Factor de Corrección por Temperatura (mg/m ³)	<i>F*t</i>	0.99750	0.9975	0.9975
Gravedad Especifica Aparente (gr/cm ³)	<i>-</i>	1.875	1.873	1.874
Gravedad Especifica Aparente por Temperatura (gr/cm ³)	<i>Ga</i>	1.871	1.868	1.870
% de absorción	<i>%Abs</i>	4.6	4.5	4.54

OBSERVACIONES: Material proporcionado por el interesado

Procedencia : RIO LAS CAÑAS



RAFAEL HERIBERTO MONTERROSA
JEFE DE LABORATORIO



Lagos y Asociados Ingenieros Consultores S.A. de C.V.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

**DENSIDAD BULK ("PESO UNITARIO") Y VACIOS EN EL AGREGADO
(ASTM C 29 M)**

Fecha del Muestreo:	1/11/2024
Fecha del Ensayo:	21/11/2024
Tipo de Material:	ARENA DE RIO

PROYECTO: "DISEÑO COMPARATIVO DE RESISTENCIA DE
UNA MEZCLA DE CONCRETO UTILIZANDO ARENA DE MAR
DE LAS COSTAS SALVADOREÑA, ARENA DE CANTERA Y
ARENA DE RIO LAS CAÑAS.

PESO UNITARIO SUELTO Kg / m³

Molde N°	Tamaño Nominal de la Muestra	Diámetro del Molde en (cm)	Altura del Molde (cm)	Peso del Molde (g)	Volumen del Molde (cm ³)
N°- 001	3/8"	15.5	15.47	3792.0	2919.0

Ensayo N°	Peso de Muestra + Molde (g)	Peso del Molde (g)	Peso Neto (g)	Volumen del Molde (cm ³)	Peso Volumétrico (Kg/m ³)
N°-001	6061.0	2722.0	3339.0	2880.0	1159.4
N°-002	6080.0	2722.0	3358.0	2880.0	1166.0
N°-003	6074.0	2722.0	3352.0	2880.0	1163.9
PROMEDIO =					1163.1

CALCULO DE % DE VACIOS INTERPARTICULAS

FORMULA:

$$\% \text{ VACIOS} = 100 * [(S*W) - M] / (S*W)$$

S = Gravedad Especifica Seca Bulk de Acuerdo a ASTM C 127

1.727 (gr/cm³)

W = Densidad del Agua a 23 °c Según Tabla N°03 AASHTO T 19M

997.54 (kg/m³)

M = Peso Volumétrico Suelto AASHTO T 19M

1163.1 (kg/m³)

$$\% \text{ De Vacios} = 32.5$$

PESO UNITARIO COMPACTADO Kg / m³

Molde N°	Tamaño Nominal de la Muestra	Diámetro del Molde en (cm)	Altura del Molde (cm)	Peso del Molde (g)	Volumen del Molde (cm ³)
N°- 001	3/8"	15.50	15.47	2722.0	2919.00

Ensayo N°	Peso de Muestra + Molde (g)	Peso del Molde (g)	Peso Neto (g)	Volumen del Molde (cm ³)	Peso Volumétrico (Kg/m ³)
N°-001	6341.0	2722.0	3619.0	2919.0	1239.8
N°-002	6409.0	2722.0	3687.0	2919.0	1263.1
N°-003	6417.0	2722.0	3695.0	2919.0	1265.8
PROMEDIO =					1253.0

CALCULO DE % DE VACIOS INTERPARTICULAS

FORMULA:

$$\% \text{ VACIOS} = 100 * [(S*W) - M] / (S*W)$$

S = Gravedad Especifica Seca Bulk de Acuerdo a ASTM C 127

1.727 (gr/cm³)

W = Densidad del Agua a 23 °c Según Tabla N°03 AASHTO T 19M

997.54 (kg/m³)

M = Peso Volumétrico Compactado AASHTO T 19M

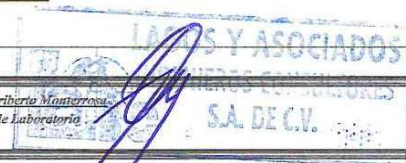
1253.0 (kg/m³)

$$\% \text{ De Vacios} = 27.3$$

OBSERVACIONES: Material proporcionado por el interesado

Procedencia: Río Las Cañas

Rafael Heriberto Monterrosa
Jefe de Laboratorio





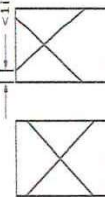
LAGOS Y ASOCIADOS Ingenieros Consultores S.A. de C.V.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS ASTM C-39

PROYECTO: DISEÑO COMPARATIVO DE RESISTENCIA DE UNA MEZCLA DE CONCRETO UTILIZANDO ARENA DE MAR DE LAS COSTAS SALVADOREÑA, ARENA DE CANTERA Y ARENA DEL RIO DE LAS CAÑAS.

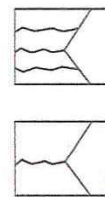
INTERESADO			UNIVERSIDAD TECNICA LATINOAMERICANA					UBICACIÓN:				Laboratorio Central			HOJA		1
Fecha		No Cilindro	Edad (dias)	Diametro Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Relación L/D	Peso (kg)	Area (cm²)	F'C (kg/cm²)	Carga (kgf)	Esf. Ultimo	Tipo de falla	Ubicación				
Colado	Ruptura																
25/11/2024	28/11/2024	1	3	15.21	30.1	1.97	12458	181.712	210	26,320	139.8	6	Diseño de arena rio Las Cañas				
25/11/2024	28/11/2024	2	3	15.20	30.0	1.95	12365	181.461	210	25,230	138.5	6					
25/11/2024	2/12/2024	3	7	15.31	30.0	1.95	12369	184.092	210	33,430	175.2	5	Diseño de arena rio Las Cañas				
25/11/2024	2/12/2024	4	7	15.18	30.3	1.97	12588	180.982	210	34,415	182.1	3					
25/11/2024	9/12/2024	5	14	15.24	30.1	1.97	12667	182.423	210	39,050	209.8	3	Diseño de arena rio Las Cañas				
25/11/2024	9/12/2024	6	14	15.32	30.2	1.99	12769	184.342	210	38,564	205.6	2					
25/11/2024	23/12/2024	7	28	15.30	30.1	1.97	12697	184.125	210	45,270	238.5	2	Diseño de arena rio Las Cañas				
25/11/2024	23/12/2024	8	28	15.27	30.2	1.99	12806	183.124	210	49,205	242.3	2					

← ≤ 1 in. [25 mm]



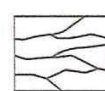
Type 1

Reasonably well-formed cones on both ends, less than 1 in. [25 mm] or cracking through caps



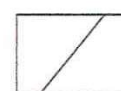
Type 2

Well-formed cone on one end, vertical cracks running through the cone on other end



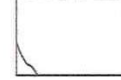
Type 3

Columnar vertical cracking through both ends, no well-formed cones



Type 4

Diagonal fracture with no cracking through ends; tap with hammer to distinguish from Type 1



Type 5

Side fractures at top or bottom (occur commonly with unbonded caps)



Type 6

Similar to Type 5 but end of cylinder is pointed



Heriberto

Ing. Responsable de laboratorio

ANEXO 4

RESULTADOS DE

LABORATORIO DE

AGREGADO GRUESO.

MUESTRA GRAVA DE 3/4.



GRANULOMETRIA DE GRAVAS ASTM C-136

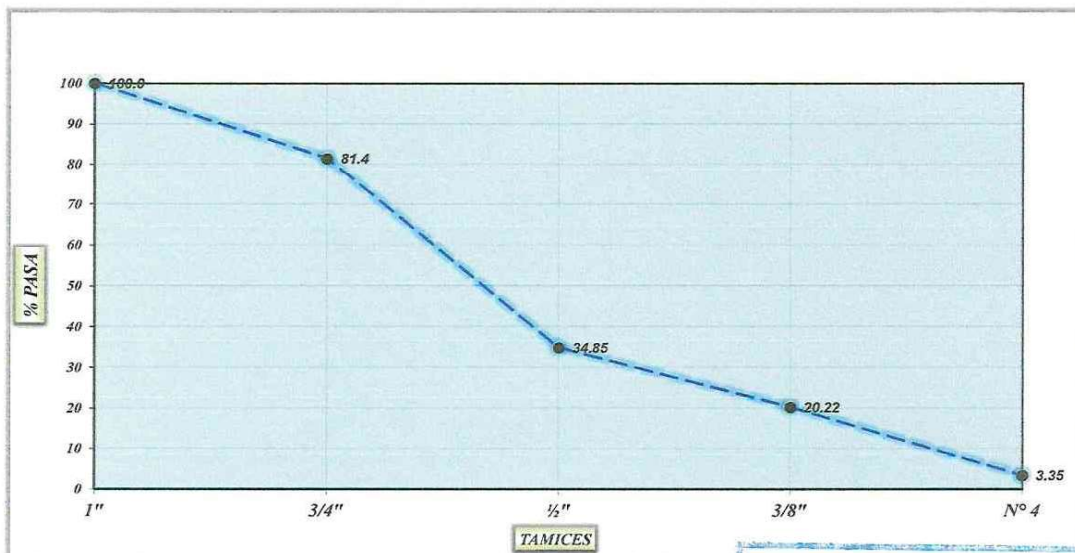
FECHA DEL MUESTREO 1/11/2024
FECHA DEL ENSAYO 21/11/2024
TIPO DE MATERIAL Grava 3/4"

PROYECTO: DISEÑO COMPARATIVO DE RESISTENCIA DE UNA MEZCLA DE CONCRETO UTILIZANDO ARENA DE MAR DE LAS COSTAS SALVADOREÑA, ARENA DE CANTERA Y ARENA DEL RIO DE LAS CAÑAS.

MAT HUMEDO	PESOS HUMEDOS (g)	MAT LAVADO EN LA No. 200	PESOS SECO (g)
Peso bruto (g)	3297	ENCIAL	3000.0
Hum. inicial%	0.0	RET. TOTAL	2899.6
Tara:	296.8	PASA LAVADO	-
Peso Seco bruto (g)	3000.0	PASA No. 4 TOTAL	100.4
Modulo de Finura	-	Cu=	-
Especificación	2.3 - 3.1	Cu=	-
Diámetros	D60	D30	D10
Aberturas			

Agregados	Porcentajes
% Grava =	96.7
% Arena =	3.3
% Finos =	0.0
Σ =	100.0

TAMIZ	Abertura en mm.	Peso ret. parcial (g)	% Retenido Parcial	% Ret. Acumulado	% Que pasa
1"	25.4	0.0	0.00	0.00	100.0
3/4"	19	557.1	18.57	18.57	81.4
1/2"	12.5	1397.3	46.58	65.15	34.85
3/8"	9.5	439.1	14.64	79.78	20.22
Nº 4	4.75	506.1	16.87	96.65	3.35
Fondo	-	100.4	3.35	100.00	
Σ =		3000.0	100.00		



OBSERVACIONES Tamaño maximo nominal 3/4 PROCEDENCIA: GRAVA SAN DIEGO
Muestra Proporcionado Por el interesado

LAGOS Y ASOCIADOS
INGENIEROS CONSULTORES
S.A. DE C.V.
RAFAEL HERIBERTO MONTERROSA
JEFE DEL LABORATORIO



PESOS ESPECIFICOS Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS
(ASTM C 127)

Fecha del Muestreo:	1/11/2024
Fecha del Ensayo:	21/11/2024
Tipo de Material:	Grava ¾"

PROYECTO: DISEÑO COMPARATIVO DE RESISTENCIA DE UNA
MEZCLA DE
CONCRETO UTILIZANDO ARENA DE MAR DE LAS COSTAS
SALVADOREÑA, ARENA DE CANTERA Y ARENA DEL RIO DE LAS
CAÑAS".

Datos del Ensayo	Ensayo No. 1	Ensayo No. 2	
A. Peso de la muestra seca en estufa (gms)	A	2939	2945
B. Peso de la muestra sat. co superficie seca (gms)	B	3011.0	3018.0
C. Peso de la muestra dentro del agua (gms)	C	1890.0	1893.0
1° Gravedad Especifica Aparente (gr/cm³)	2.802	2.799	Promedio 2.801
2° Gravedad Especifico saturado con superficie seca (gr/cm³)	2.686	2.683	2.684
Temperatura del agua en °C	23.0	23.0	23.0
Factor de Corrección por Temperatura (mg/m³)	0.99750	0.99970	0.9986
3° Gravedad Especifico Seco (gr/cm³)	2.622	2.618	2.620
Gravedad Especifico Seco Corregida por Temperatura (gr/cm³)	2.615	2.617	2.616
4° % de absorción	2.4	2.5	2.5



OBSERVACIONES: Muestra Proporcionado Por el interesado

PROCEDENCIA: GRAVA SAN DIEGO

LAGOS Y ASOCIADOS
INGENIEROS CONSULTORES
RAFAEL HERIBERTO MONTERROSA
JEFE DE LABORATORIO



Lagos y Asociados Ingenieros Consultores S.A. de C.V.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

**DENSIDAD BULK ("PESO UNITARIO") Y VACIOS EN EL AGREGADO
(ASTM C 29)**

Fecha del Muestreo:	1/11/2024
Fecha del Envayo:	21/11/2024
Tipo de Material:	Grava ¾"

PROYECTO: DISEÑO COMPARATIVO DE RESISTENCIA DE UNA MEZCLA DE CONCRETO UTILIZANDO ARENA DE MAR DE LAS COSTAS SALVADOREÑA, ARENA DE CANTERA Y ARENA DEL RIO DE LAS CAÑAS.

PESO UNITARIO SUELTO Kg / m³

Molde N°	Tamaño Nominal de la Muestra	Diámetro del Molde en (cm)	Altura del Molde (cm)	Peso del Molde (g)	Volumen del Molde (cm ³)
N°-001	19 mm (¾")	15.20	15.2	2719.0	2758.10

Ensayo N°	Peso de Muestra + Molde (g)	Peso del Molde (g)	Peso Neto (g)	Volumen del Molde (cm ³)	Peso Volumétrico (Kg/m ³)
N°-001	6976.0	2719.0	4257.0	2758.1	1543.5
N°-002	6981.0	2719.0	4262.0	2758.1	1545.3
N°-003	6970.0	2719.0	4251.0	2758.1	1541.3

PROMEDIO = 1543.3 (Kg/m³)

CALCULO DE % DE VACIOS INTERPARTICULAS

FORMULA:

$$\% \text{ VACIOS} = 100 * [(S*W) - M] / (S*W)$$

S = Gravedad Específica Seca Bulk de Acuerdo a ASTM C 127 2.620 (gr/cm³)
W = Densidad del Agua a 23 °c Según Tabla N°03 AASHTO T 19M 997.54 (kg/m³)
M = Peso Volumétrico Suelto AASHTO T 19M 1543.3 (kg/m³)

% De Vacios = 41.0

PESO UNITARIO COMPACTADO Kg / m³

Molde N°	Tamaño Nominal de la Muestra	Diámetro del Molde en (cm)	Altura del Molde (cm)	Peso del Molde (g)	Volumen del Molde (cm ³)
N°-001	19 mm (¾")	15.20	15.2	2719.0	2758.10

Ensayo N°	Peso de Muestra + Molde (g)	Peso del Molde (g)	Peso Neto (g)	Volumen del Molde (cm ³)	Peso Volumétrico (Kg/m ³)
N°-001	7379.0	2719.0	4660.0	2758.1	1689.6
N°-002	7364.0	2719.0	4645.0	2758.1	1684.1
N°-003	7360.0	2719.0	4641.0	2758.1	1682.7

PROMEDIO = 1685.5 (Kg/m³)

CALCULO DE % DE VACIOS INTERPARTICULAS

FORMULA:

$$\% \text{ VACIOS} = 100 * [(S*W) - M] / (S*W)$$

S = Gravedad Específica Seca Bulk de Acuerdo a ASTM C 127 2.620 (gr/cm³)
W = Densidad del Agua a 23 °c Según Tabla N°03 AASHTO T 19M 997.54 (kg/m³)
M = Peso Volumétrico Compactado AASHTO T 19M 1685.5 (kg/m³)

% De Vacios = 35.5

OBSERVACIONES Material proporcionado por el interesado
PROCEDENCIA: GRAVA SAN DIEGO

Lagos y Asociados
INGENIEROS CONSULTORES
RAFAEL HERIBERTO MONTERROSA C. V.
JEFE DE LABORATORIO

ANEXO 5

RESULTADOS DE

LABORATORIO DE

AGREGADO FINO.

ENSAYO DE SALINIDAD



Laboratorio de Servicios de Química Agrícola

Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas" (UCA)

Apdo. Postal (01) 168, Teléfono 22-10666; 2210-6600 ext. 1081, 1009

Bulevar Los Próceres, San Salvador, El Salvador, C.A.

INFORME DE RESULTADOS

Informe ASA 280225-01

San Salvador, 28 de febrero 2025

Señores

Laboratorio y Asociados Ingenieros

Consultores S.A. de C.V.

Presente

Estimados Señores:

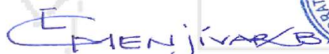
Por este medio estamos informándoles acerca de los resultados obtenidos en una muestra de arena, proporcionada por ustedes a este laboratorio el día 17 de febrero del presente año.

Identificación de la muestra dada por el laboratorio	Identificación de la muestra dada por el cliente	Condiciones de la muestra
ASA 170225-01	Arena de mar de las costas de la playa San Diego, La Libertad	Muestra contenida en bolsa transparente con identificación

RESULTADOS

Análisis	Resultado Poder Calorífico	Metodología de análisis*
Sales solubles	709.3 mg/kg	Extracción con agua y medición con Puente de conductividad

Agradeciendo su preferencia hacia este laboratorio, me despido atentamente,




Dra. Carmen Elena Menjivar Benitez

Encargada del Área de Análisis Instrumental

Página 1 de 1

Cualquier reclamo se atenderá en los próximos 8 días hábiles

Informe ASA 280225-01

El laboratorio no se hace responsable de la confidencialidad de los resultados enviados vía correo electrónico u otro medio distinto a la entrega directa en sobre sellado a personal autorizado por el cliente. Este informe no puede ser reproducido en forma parcial, sólo totalmente.

ANEXO 6
FICHA TÉCNICA DEL
CEMENTO



CEMENTO FUERTE

Para todo uso de estructuras, concretos y morteros



Características

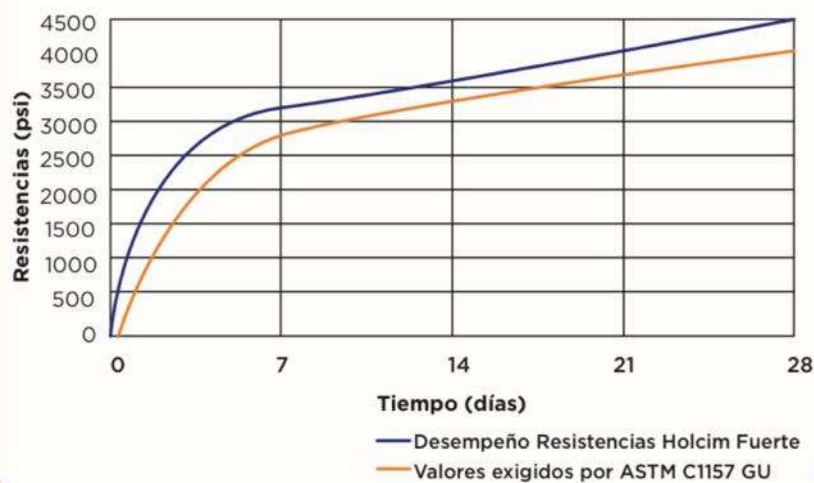


Holcim Fuerte es el cemento hidráulico para uso general de mayor tradición en El Salvador, con la ventaja que en su composición puzolana y caliza activa, contribuye **a la reducción de CO2 hasta en un 35%** y lo vuelve el único cemento de Uso General (GU) con sello verde fabricado y distribuido en El Salvador.

Fabricado con base en la norma ASTM C1157 tipo GU.
Disponible en bolsas de 42.5 Kg y granel.

Desempeño

Desarrollo Resistencia a Compresión Holcim Fuerte





Este cemento cuenta con la certificación de normas internacionales de calidad y alcanza resistencias mayores a los 4200 PSI a los 28 días, por lo que es recomendado para cualquier tipo de uso en las construcciones en general.



Usos

Puede utilizarse para la elaboración de mezclas de concreto estructural en zapatas, soleras de fundación, nervios, columnas, vigas, entrepisos, etc. Pueden elaborarse además mezclas para mortero, suelo cemento convencional y suelo cemento fluido, entre otros.

Usos especiales:

Este es un cemento puzolánico con características de moderado calor de hidratación y moderada resistencia a los sulfatos.





Beneficios:

- Tiempo de fraguado óptimo
- Desempeño garantizado
- Moderado calor de hidratación
- Control de resistencia a la compresión
- Reducción de emisión de CO2

Datos técnicos:

<i>Parámetros</i>	<i>Unidad</i>	<i>Tipo</i>
Tiempo de Fraguado	minutos	Mayor de 45 - Menor a 420
Resistencia a 7 Días	PSI	No menor a 2900
Resistencia a 28 Días	PSI	No menor a 4060
Contenido de aire	%	Menor a 12
Calor de Hidratación max 3D (opción MH)	KJ/Kg(cal/g)	Menor a 335 (80)
Expansión barras de mortero en agua	%	Menor a 0.02
Expansión a Autoclave	%	Menor a 0.8



Recomendaciones de seguridad



Protección visual



Guantes



Botas de seguridad



Chaleco reflectivo



Protección respiratoria



Casco de seguridad

Recomendaciones de uso del producto



Proteja el cemento de la humedad, almacene en un ambiente seco.



Para transportar cubra las bolsas con lona.



Use arena y grava libres de contaminación de tierra o materia orgánica.



Use agua limpia. Las aguas para el consumo humano son las más adecuadas.



Para todo tipo de cemento, 90 días posteriores a la fecha de empaquetado debe exigirse al vendedor un certificado emitido localmente de que el cemento cumple los requisitos de las normas vigentes.

Huella ambiental:

Las principales acciones que nos han permitido lograr reducir el impacto ambiental de nuestras actividades y la huella del portafolio de productos:



- » Uso de combustibles alternos para sustituir el consumo de combustibles tradicionales utilizados para el proceso productivo de Cemento.
- » Automatización de la operación para garantizar la mayor eficiencia energética del proceso.
- » Recuperación de calor en el sistema para reducir el consumo térmico del proceso.
- » Utilización de minerales adicionados (puzolana y caliza) para optimizar la composición del cemento y mejorar sus propiedades.
- » Mejora del desempeño del cemento y aumento de resistencias mediante la utilización de aditivos de molienda.

Desde el punto de vista del ciclo de la construcción, el contar con productos de menor huella de carbono o con significativas reducciones de CO₂, contribuye a mitigar el impacto ambiental generado por el sector e incentiva cambios en la forma tradicional de construir. Holcim El Salvador comprometido con los objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) aporta soluciones sostenibles para el país.





Holcim El Salvador, S.A. de C.V.
Calle Holcim y Av. El Espino
Antiguo Cuscatlán, La Libertad.
Tel: +503 2507 8888
info.elsalvador@lafargeholcim.com
www.holcim.com.sv

ANEXO 7

CALIBRACIONES DE EQUIPO

DE LABORATORIO.



SERVICIOS DE CALIBRACIÓN, S.A. DE C.V.

CERTIFICADO DE CALIBRACION

Certificado No.: IPP01240813EV

Equipo : Instrumento Para Pesar
Marca : OHAUS
Modelo : NVL20000/1
Serie : 8334416267
Código : LAIC-BP0001
Intervalo : 0 g a 20 000 g
Intervalo de Calibración : 50 g a 20 000 g
Resolución : 1 g
Ubicación : Laboratorio de Suelos y Materiales
Fecha de Recepción : N/A
Fecha de Calibración : 2024-08-13 **Fecha de Emisión** : 2024-08-16
Próxima Calibración : 2025-08

Empresa Solicitante : LAGOS Y ASOCIADOS INGENIEROS CONSULTORES, S.A. DE C.V.

Dirección/ : Calle Circunvalación Sur, Pol U, Urbanización Villa Montecarmelo,
Lugar de Calibración : # 13, Cuscatancingo, San Salvador, El Salvador.

Condiciones Ambientales : Temperatura 28 °C Humedad Relativa 55 % HR

TRAZABILIDAD: SERCAL asegura la trazabilidad de los patrones utilizados en esta calibración, por el certificado No. MAS01240217MC y MAS01231217FF de SERCAL.

PROCEDIMIENTO No.: PT-11

METODO: Basado en Guía para la calibración de instrumentos para pesar de funcionamiento no automático (SIM).

La incertidumbre expandida está calculada usando un factor de cobertura $k=2$, para un intervalo de confianza de aproximadamente el 95 %.

Los resultados obtenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y para los ítems identificados en este certificado.

Este documento no podrá ser reproducido de forma parcial, sin la autorización de SERCAL.

PT-10:FT-01 Pág. 1/2

Laboratorio de Calibración acreditado por el OSA con registro N° LCA-01:15
para el alcance detallado en www.osa.gob.sv

Urbanización Lisboa, #102, Av. Rocío y Calle San Antonio Abad, San Salvador, El Salvador, C.A.
Tel.: 2272-1735 • 2232-4104, Cel.: 7888-9128, E-mail: calidad@labsercal.com • Página Web: labsercal.com

CERTIFICADO DE CALIBRACION

Certificado No.: IPP01240813EV

RESULTADOS OBTENIDOS:

Prueba de Indicación

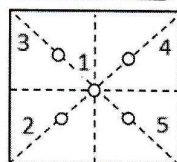
Carga Aplicada (g)	Error de Indicación (g)	Incertidumbre Expandida $k=2$ (g)
50	0	0,82
500	0	0,82
1000	0	0,82
2000	0	0,82
5000	0	0,82
10000	0	0,82
15000	0	0,82
20000	0	0,83

Prueba de Excentricidad (Max/3)

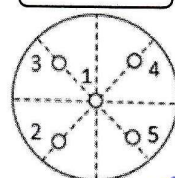
Prueba de Repetibilidad ($0.5 \text{ Max} \leq LT \leq \text{Max}$)

Posición	Carga (g)	Indicación (g)	Carga (g)	Desviación Estandar (g)
1	7000	7 000	10000	0
2	7000	7 000		
3	7000	7 000		
4	7000	7 000		
5	7000	7 000		
Diferencia Maxima:		0		

Indicador



Indicador



SERCAL: No se responsabiliza por daños que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos calibrados.

Edward Vásquez
Técnico



Francisco Funes
Aprobó

FIN DEL CERTIFICADO



SERVICIOS DE CALIBRACIÓN, S.A. DE C.V.

CERTIFICADO CARACTERIZACION

Certificado No.: MIT02240813EV

Equipo : Horno (Analógico)

Marca : Quincy Lab.

Modelo : S/N

Serie : S/N

Código : LAIC-LA-0886-89

Intervalo : 150 °F a 275 °F (Perilla)

Intervalo de Caracterización : 100 °C a 170 °C / 150 °F a 275 °F (Perilla)

Resolución : 25 °F (Perilla)

Ubicación : Laboratorio de Suelos y Materiales

Fecha de Recepción : N/A

Fecha de Caracterización : 2024-08-13

Fecha de Emisión : 2024-08-16

Próxima Caracterización : 2025-08

Empresa Solicitante : **LAGOS Y ASOCIADOS INGENIEROS CONSULTORES, S.A. DE C.V.**

Dirección/ : Calle Circunvalación Sur, Pol U, Urbanización Villa Montecarmelo,
Lugar de Caracterización # 13, Cuscatancingo, San Salvador, El Salvador.

TRAZABILIDAD: SERCAL asegura la trazabilidad del patrón con certificado No. TLD02240216FF de SERCAL.

PROCEDIMIENTO No.: PT-14

METODO: Basado en Guía Traducción Directriz DKD-R 5-7 Calibración de Cámaras Climáticas INM/GTM-T/03, Bogotá - 2022 y según UNE-EN 60068-3-5 parte 3-5.

PT-10:FT-01 Pág. 1/4

Laboratorio de Calibración acreditado por el OSA con registro N° LCA-01:15
para el alcance detallado en www.osa.gob.sv

CERTIFICADO CARACTERIZACION

Certificado No.: MIT02240813EV

RESULTADOS OBTENIDOS:

Valor Nominal 100 °C / Desviación al punto de control: Indicación del Patrón - Valor Nominal

Posición	Sensor	Posición de Perilla (°F)	Indicación Patrón (°C)	Conversión al SI (K)	Desviación al punto de control (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
1	1	150	93,20	373,15	-6,80	13,72
2	2	150	96,73	373,15	-3,27	10,98
3	3	150	102,54	373,15	2,54	8,46
4	4	150	100,89	373,15	0,89	8,41
5	10	150	108,02	373,15	8,02	12,29
6	6	150	104,26	373,15	4,26	9,32
7	7	150	102,60	373,15	2,60	8,20
8	8	150	107,50	373,15	7,50	11,39
9	12	150	101,98	373,15	1,98	8,24

Valor Nominal 110 °C / Desviación al punto de control: Indicación del Patrón - Valor Nominal

Posición	Sensor	Posición de Perilla (°F)	Indicación Patrón (°C)	Conversión al SI (K)	Desviación al punto de control (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
1	1	175	104,71	383,15	-5,29	13,57
2	2	175	109,86	383,15	-0,14	9,57
3	3	175	114,26	383,15	4,26	8,29
4	4	175	111,89	383,15	1,89	8,41
5	10	175	117,20	383,15	7,20	10,02
6	6	175	117,47	383,15	7,47	10,22
7	7	175	113,27	383,15	3,27	8,25
8	8	175	112,00	383,15	2,00	8,34
9	12	175	113,31	383,15	3,31	8,14

Pág. 2/4



SERVICIOS DE CALIBRACIÓN, S.A. DE C.V.

CERTIFICADO CARACTERIZACION

Certificado No.: MIT02240813EV

RESULTADOS OBTENIDOS:

Valor Nominal 170 °C / Desviación al punto de control: Indicación del Patrón - Valor Nominal

Posición	Sensor	Posición de Perilla (°F)	Indicación Patrón (°C)	Conversión al SI (K)	Desviación al punto de control (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
1	1	275	149,20	443,15	-20,80	13,72
2	2	275	157,36	443,15	-12,64	8,27
3	3	275	158,80	443,15	-11,20	8,19
4	4	275	155,10	443,15	-14,90	9,14
5	10	275	161,96	443,15	-8,04	9,41
6	6	275	162,88	443,15	-7,12	9,95
7	7	275	156,50	443,15	-13,50	8,22
8	8	275	154,92	443,15	-15,08	9,21
9	12	275	158,34	443,15	-11,66	8,19

Duración de la Caracterización	30 minutos por punto
Frecuencia de evaluación	1 minutos
Estabilidad, Uniformidad	Ver anexo 1
Gráfica de Caracterización	Ver anexo 2
Definición de zona útil	Ver anexo 3
Condiciones de carga	Con carga

Observación: En caso que se desee expresar los resultados obtenidos en unidades SI utilizar el siguiente factor de conversión:

Conversión de °C a K

$$K = °C + 273,15$$

Pág. 3/4

CERTIFICADO CARACTERIZACION

Certificado No.: MIT02240813EV

La incertidumbre expandida está calculada usando un factor de cobertura $k=2$, para un intervalo de confianza de aproximadamente el 95 %.

Condiciones ambientales: 28 °C, 57 % HR

Los resultados obtenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y para los ítems identificados en este certificado.

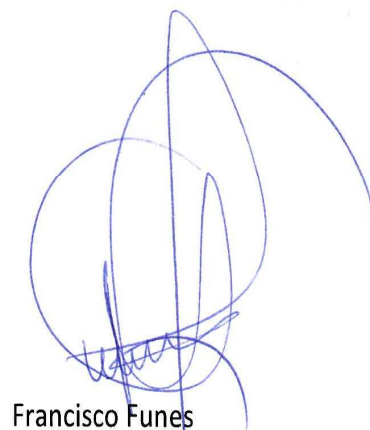
No son consideradas en los resultados, ni en la contribución de la incertidumbre de este certificado de caracterización, el efecto de la radiación y el efecto de la carga.

Este documento no podrá ser reproducido de forma parcial, sin la autorización de SERCAL.

SERCAL: No se responsabiliza por daños que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos caracterizados.


Edward Vásquez
Técnico




Francisco Funes
Aprobó

FIN DEL CERTIFICADO

Pág. 4/4



SERVICIOS DE CALIBRACIÓN, S.A. DE C.V.

CERTIFICADO CARACTERIZACION

Certificado No.: MIT01240813EV

Equipo : Horno (Digital)

Marca : BIOBASE

Modelo : BOV-V136F

Serie : ZY31621112113

Código : LAIC-HOR04

Intervalo : Ambiente +10 °C a 300 °C

Intervalo de Caracterización : 60,0 °C a 160,0 °C

Resolución : 0,1 °C

Ubicación : Laboratorio de Suelos y Materiales

Fecha de Recepción : N/A

Fecha de Caracterización : 2024-08-13

Fecha de Emisión : 2024-08-16

Próxima Caracterización : 2025-08

Empresa Solicitante : **LAGOS Y ASOCIADOS INGENIEROS CONSULTORES, S.A. DE C.V.**

Dirección/ : Calle Circunvalación Sur, Pol U, Urbanización Villa Montecarmelo,
Lugar de Caracterización # 13, Cuscatancingo, San Salvador, El Salvador.

TRAZABILIDAD: SERCAL asegura la trazabilidad del patrón con certificado No. TLD01240216FF de SERCAL.

PROCEDIMIENTO No.: PT-14

METODO: Basado en Guía Traducción Directriz DKD-R 5-7 Calibración de Cámaras Climáticas INM/GTM-T/03, Bogotá - 2022 y según UNE-EN 60068-3-5 parte 3-5.

PT-10:FT-01 Pág. 1/4

Laboratorio de Calibración acreditado por el OSA con registro N° LCA-01:15
para el alcance detallado en www.osa.gob.sv

CERTIFICADO CARACTERIZACION

Certificado No.: MIT01240813EV

RESULTADOS OBTENIDOS:

Temperatura Programada a 60,0 °C

Posición	Sensor	Temperatura Programada (°C)	Indicación Patrón (°C)	Conversión al SI (K)	Valor Indicación Medio Isotermico (°C)	Desviación al punto de control (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
1	1	60,0	56,45	333,25	60,1	-3,65	2,75
2	2	60,0	56,62	333,25	60,1	-3,48	2,57
3	3	60,0	60,43	333,25	60,1	0,33	2,41
4	4	60,0	57,39	333,25	60,1	-2,71	1,77
5	5	60,0	57,20	333,25	60,1	-2,90	2,02
6	6	60,0	59,43	333,25	60,1	-0,67	1,41
7	7	60,0	60,12	333,25	60,1	0,02	1,30
8	8	60,0	59,33	333,25	60,1	-0,77	1,32
9	9	60,0	58,60	333,25	60,1	-1,50	0,86

Temperatura Programada a 110,0 °C

Posición	Sensor	Temperatura Programada (°C)	Indicación Patrón (°C)	Conversión al SI (K)	Valor Indicación Medio Isotermico (°C)	Desviación al punto de control (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
1	1	110,0	103,95	383,15	110,0	-6,05	7,82
2	2	110,0	103,73	383,15	110,0	-6,27	8,09
3	3	110,0	112,25	383,15	110,0	2,25	3,08
4	4	110,0	101,85	383,15	110,0	-8,15	10,62
5	5	110,0	107,21	383,15	110,0	-2,79	4,16
6	6	110,0	113,91	383,15	110,0	3,91	4,58
7	7	110,0	113,83	383,15	110,0	3,83	2,47
8	8	110,0	109,58	383,15	110,0	-0,42	1,66
9	9	110,0	110,30	383,15	110,0	0,30	1,17



SERVICIOS DE CALIBRACIÓN, S.A. DE C.V.

CERTIFICADO CARACTERIZACION

Certificado No.: MIT01240813EV

RESULTADOS OBTENIDOS:

Temperatura Programada a 160,0 °C

Posición	Sensor	Temperatura Programada (°C)	Indicación Patrón (°C)	Conversión al SI (K)	Valor Indicación Medio Isotermico (°C)	Desviación al punto de control (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
1	1	160,0	148,80	433,15	160,0	-11,20	15,14
2	2	160,0	150,54	433,15	160,0	-9,46	12,79
3	3	160,0	162,61	433,15	160,0	2,61	2,17
4	4	160,0	148,11	433,15	160,0	-11,89	15,84
5	5	160,0	154,28	433,15	160,0	-5,72	8,72
6	6	160,0	167,67	433,15	160,0	7,67	7,86
7	7	160,0	168,04	433,15	160,0	8,04	4,15
8	8	160,0	157,67	433,15	160,0	-2,33	4,50
9	9	160,0	161,20	433,15	160,0	1,20	0,83

Duración de la Caracterización	30 minutos por punto
Frecuencia de evaluación	1 minutos
Estabilidad, Uniformidad	Ver anexo 1
Gráfica de Caracterización	Ver anexo 2
Definición de zona útil	Ver anexo 3
Condiciones de carga	Con carga

Observación: En caso que se desee expresar los resultados obtenidos en unidades SI utilizar el siguiente factor de conversión:

Conversión de °C a K

$$K = °C + 273,15$$

Pág. 3/4

Laboratorio de Calibración acreditado por el OSA con registro N° LCA-01-15 para el alcance detallado en www.osa.gob.sv

CERTIFICADO CARACTERIZACION

Certificado No.: MIT01240813EV

La incertidumbre expandida está calculada usando un factor de cobertura $k=2$, para un intervalo de confianza de aproximadamente el 95 %.

Condiciones ambientales: 28 °C, 57 % HR

Los resultados obtenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y para los ítems identificados en este certificado.

No son consideradas en los resultados, ni en la contribución de la incertidumbre de este certificado de caracterización, el efecto de la radiación y el efecto de la carga.

Este documento no podrá ser reproducido de forma parcial, sin la autorización de SERCAL.

SERCAL: No se responsabiliza por daños que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos caracterizados.


Edward Vásquez
Técnico




Francisco Funes
Aprobó

FIN DEL CERTIFICADO

Pág. 4/4

BAKER

a passion for precision

Calibration Certificate

Graduation : 0-100

Gauge Serial No : FDG531

Type : K62 Reading : 0,0001 inch Range : 0,2 inch

Specification : As per ASME B89.1.10M-2001

	Grad	0	25	50	75
Rev 0		0	-0,01	-0,01	-0,01
		-0,08	-0,12	-0,11	-0,09
1		0,01	-0,01	0,03	0,10
		-0,08	-0,05	-0,01	0,04
2		0,04	-0,02	-0,05	-0,06
		-0,04	-0,14	-0,11	-0,15
3		-0,04	-0,01	0,00	0,07
		-0,13	-0,11	-0,06	0,00
4		0,12	0,15	0,09	0,04
		0,05	0,07	0,02	-0,06
5		-0,01	-0,04	-0,01	0,00
		-0,11	-0,12	-0,10	-0,09
6		-0,01	-0,02	0,01	0,06
		-0,10	-0,09	-0,04	-0,02
7		0,01	-0,10	-0,16	-0,15
		-0,10	-0,19	-0,23	-0,26
8		-0,16	-0,18	-0,16	-0,14
		-0,26	-0,26	-0,23	-0,22
9		-0,10	-0,05	-0,14	-0,21
		-0,17	-0,14	-0,25	-0,31
10		-0,26	-0,28	-0,25	-0,20
		-0,32	-0,37	-0,32	-0,29
11		-0,19	-0,18	-0,11	-0,05
		-0,27	-0,24	-0,18	-0,13
12		-0,10	-0,21	-0,22	-0,20
		-0,20	-0,31	-0,11	-0,31
13		-0,19	-0,19	-0,18	-0,16
		-0,30	-0,30	-0,26	-0,24
14		-0,12	-0,08	-0,14	-0,21
		-0,19	-0,16	-0,24	-0,30
15		-0,28	-0,28	-0,26	-0,27
		-0,38	-0,38	-0,35	-0,38
16		-0,26	-0,26	-0,22	-0,16
		-0,35	-0,37	-0,27	-0,24
17		-0,23	-0,30	-0,30	-0,28
		-0,34	-0,41	-0,41	-0,31
18		-0,26	-0,20	-0,17	-0,12
		-0,36	-0,26	-0,26	-0,20
19		-0,08	-0,05	-0,12	-0,19
		-0,18	-0,11	-0,22	-0,28
20		-0,23			
		-0,31			

Calibration Equipment used is traceable to National Standard vide certificate no. CGIL/2019/1003/H-001.
Errors in units of : thou

Uncertainty of measurement : 30 pinch

Note :- * - Forward Direction , ** - Reverse Direction



ISO 9001-2015 Certified company

BAKER

A precision for production

Calibration Certificate

Graduation : 0-100

Gauge Serial No : HGA180

Type : K62 Reading : 0,0001 inch Range : 0,2 inch
Specification : As per ASME B89.1.10M-2001

	Grad	0	25	50	75
Rev 0		0	0,00	0,00	0,00
		-0,10	-0,01	-0,03	-0,04
1		0,02	0,02	0,01	0,01
		-0,01	-0,01	-0,03	-0,02
2		0,00	-0,04	-0,09	0,01
		-0,05	-0,09	0,07	0,00
3		-0,15	-0,04	0,00	0,12
		-0,19	-0,12	0,01	0,05
4		0,09	0,06	0,01	0,01
		0,04	0,01	0,00	-0,03
5		0,02	0,01	0,07	0,07
		-0,01	0,00	0,01	0,00
6		0,08	0,06	0,06	0,04
		0,00	0,01	-0,01	0,00
7		0,02	-0,02	-0,01	0,01
		-0,04	-0,06	-0,09	-0,02
8		0,03	0,01	0,02	0,06
		-0,02	-0,04	-0,01	0,00
9		0,06	0,02	0,00	-0,01
		-0,01	-0,03	-0,06	-0,05
10		0,00	0,03	-0,13	0,00
		-0,04	-0,01	-0,19	-0,04
11		0,09	0,11	0,09	0,07
		0,04	0,04	0,01	0,01
12		0,05	0,02	0,00	0,01
		-0,01	-0,03	-0,03	0,00
13		0,05	0,08	0,09	0,11
		0,02	0,01	0,00	0,04
14		0,08	0,03	0,01	0,00
		0,02	-0,04	-0,07	-0,06
15		0,01	0,00	0,07	0,07
		-0,06	-0,04	0,00	0,00
16		0,08	0,10	0,09	0,08
		0,01	0,03	0,01	0,00
17		0,06	0,04	0,05	0,10
		-0,02	-0,03	-0,04	0,03
18		-0,08	0,00	0,13	0,14
		-0,15	-0,05	0,06	0,08
19		0,14	0,08	0,03	0,03
		0,06	0,00	0,00	-0,01
20		0,03			
		-0,01			

Calibration equipment used is traceable to National length Standards vide certificate no. CGIL/2021/1213/M-001

Errors in units of : thou

Uncertainty of measurement : 30 pinch

Note :- * - Forward Direction , ** - Reverse Direction



 Fundación ISCYC	CENTRO DE INVESTIGACIONES ISCYC	
	CALIBRACIÓN DE MÁQUINAS E INSTRUMENTOS DE FUERZA, PROCEDIMIENTO P-402.1 EQUIVALENTE A ASTM E4.	

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Nombre del cliente: LAGOS Y ASOCIADOS INGENIEROS CONSULTORES S.A. DE C.V.
 Dirección: Lotificación Jardines de Montecarmelo #13, Cuscatancingo, San Salvador, El Salvador.
 Proyecto: Control de Calidad.

No. de Certificado: **2024-CMF-166**
 Fecha de Calibración: 2024-12-10
 Objeto de Calibración: Máquina de fuerza
 Marca: Marco: FORNEY; Display: FORNEY
 Modelo: Marco: F-25 EX-TPILOT; Display: TA1253
 No. de serie: Marco: 10059; Display: 1310004
 Código de equipo: Marco: LAICC-CC001; Display: No indica.
 Capacidad: 250 000 lbf
 Alcance de la calibración: 100 000 kgf
 Condiciones ambientales:
 Temperatura: **30.7** °C
 Humedad Relativa: **50.5** %
 Procedimiento utilizado: **P-402.1 / ASTM E4, Método C**
 Patrones utilizados: Ver Tabla 1
 Trazabilidad: MOREHOUSE (EEUU), NIST (EEUU)

Responsable:



Ing. Gabriela Aguirre
CI ISCYC



Aprobó:



Arq. Karla Benítez
CI ISCYC

	CENTRO DE INVESTIGACIONES ISCYC	
	CALIBRACIÓN DE MÁQUINAS E INSTRUMENTOS DE FUERZA, PROCEDIMIENTO P-402.1 EQUIVALENTE A ASTM E4.	

PATRONES UTILIZADOS

La calibración se realizó mediante el uso de un dispositivo de calibración elástico con capacidad de: 2000 kN marca Morehouse.

Esta calibración fue desarrollada utilizando patrones de medición trazables al Sistema Internacional, a través del laboratorio de calibración de fuerza y torque de Morehouse, y cumplen con los requerimientos exigidos por la ASTM E74 clase A en los siguientes rangos:

Rango de fuerza: de 71.04 kN hasta 2000 kN

Los patrones utilizados cuentan con certificados de calibración emitidos por el laboratorio de calibración de fuerza y torque de Morehouse, de acuerdo al detalle siguiente:

Patrón	Marca	Serie No.	Certificado No.	Incertidumbre patrón	Fecha calibración:	vigencia calibración:	Compensación temperatura
CI-CEL-2000	Morehouse	C-9514	C-9514A1024	0.00920	2024-01-10	2026-01-09	Autocompensada

En las hojas adjuntas se anexan las cartas de trazabilidad de los patrones y el alcance de acreditación.

La unidad de fuerza utilizada es el kilonewton (kN). La incertidumbre expandida reportada está basada en una incertidumbre estándar multiplicada por un factor de cobertura $k=2$, proporcionando una cobertura aproximada del 95%. La evaluación de la incertidumbre ha sido llevada a cabo de acuerdo con los requerimientos de la guía GUM, para la "Expresión de la Incertidumbre en las Mediciones" así como las recomendaciones de la normativa ASTM E4 y proporciona trazabilidad de la calibración de los equipos a laboratorios internacionales.

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

El procedimiento de calibración utilizado es el P-402.1 el cual corresponde a la normativa ASTM E4, método C.

	CENTRO DE INVESTIGACIONES ISCYC	
	CALIBRACIÓN DE MÁQUINAS E INSTRUMENTOS DE FUERZA, PROCEDIMIENTO P-402.1 EQUIVALENTE A ASTM E4.	

DATOS CRUDOS DE LA CALIBRACIÓN

Fuerza aplicada kgf	Datos sin ajuste							
	kgf serie A	% Error	kgf serie 1	% error serie 1	kgf serie 2	% error serie 2	kgf serie 3	% error serie 3
10 000	-	-	10 024.04	-0.24%	10 035.14	-0.35%	10 026.06	-0.26%
25 000	-	-	24 964.81	0.14%	24 969.86	0.12%	24 966.83	0.13%
50 000	-	-	49 913.59	0.17%	49 929.76	0.14%	49 929.76	0.14%
75 000	-	-	74 759.42	0.32%	74 770.55	0.31%	74 770.55	0.31%
100 000	-	-	99 729.78	0.27%	99 713.58	0.29%	99 713.58	0.29%
0	-	-	34.53	-	38.57	-	38.57	-

Máximo error absoluto:	0.35%
------------------------	-------

La norma de ensayo ASTM E4 - 21 "Práctica Estándar para la Calibración y Verificación de Fuerzas en Máquinas de Ensayo" establece en el numeral 15.1 que el porcentaje de error para fuerzas dentro del rango de verificación de la máquina no deberá de exceder del $\pm 1.0\%$.

Los resultados registrados en el dispositivo de compresión con las siguientes características:

Marca: Marco: FORNEY; Display: FORNEY, Modelo: Marco: F-25 EX-TPILLOT; Display: TA1253, Serie: Marco: 10059; Display: 1310004

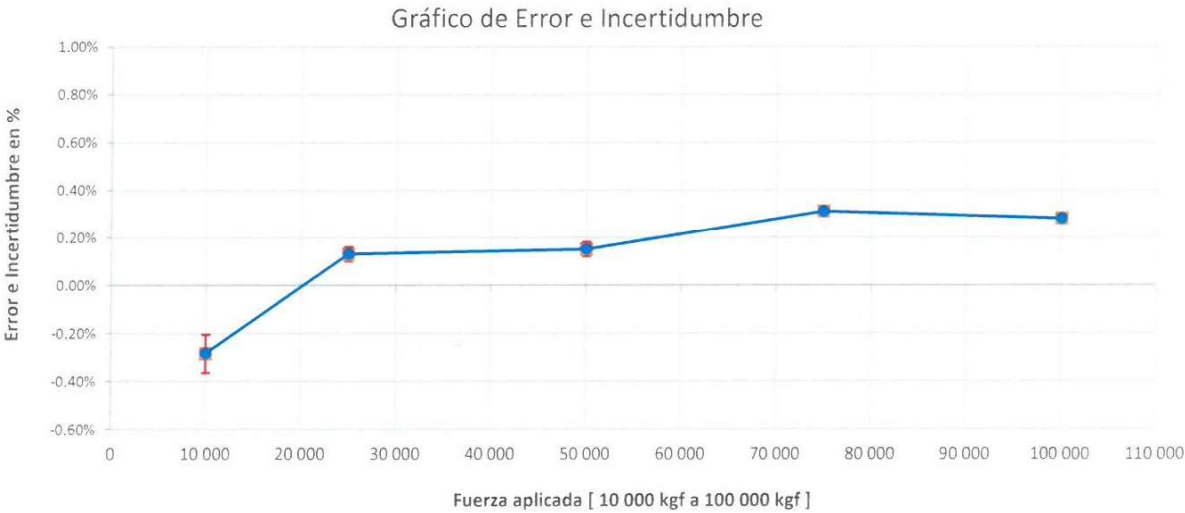
Se recomienda mantener un regulador de voltaje para evitar variaciones en los resultados por la demanda de energía de los mismos equipos de laboratorio, por ejemplo hornos o aires acondicionados.

	CENTRO DE INVESTIGACIONES ISCYC	
	CALIBRACIÓN DE MÁQUINAS E INSTRUMENTOS DE FUERZA, PROCEDIMIENTO P-402.1 EQUIVALENTE A ASTM E4.	

RESULTADO DE CALIBRACIÓN DE MÁQUINAS E INSTRUMENTOS DE FUERZA

Marca: Marco: FORNEY; Display: FORNEY	Temperatura inicial: 30.5 °C
Modelo: Marco: F-25 EX-TPILLOT; Display: TA1253	Temperatura final: 30.8 °C
No. de serie: Marco: 10059; Display: 1310004	Temperatura promedio: 30.7 °C
Capacidad: 250 000 lbf	Termómetro utilizado: CI-TER-007
Resolución: 5.0 kgf	
Fecha calibración: 2024-12-10	

FUERZAS NOMINALES			LECTURAS DE DISPOSITIVO DE CALIBRACIÓN						Error		Incert.
Lecturas en instrumento			Serie 1	Serie 2	Serie 3	PROMEDIO	Unidad	Error de repetibilidad	Lec.	(%)	K=2.0 (%)
kgf	kN	%									
10 000	98.07	10%	10 024.04	10 035.14	10 026.06	10 028.41	kgf	0.11%	-28.41	-0.28%	0.08%
25 000	245.17	25%	24 964.81	24 969.86	24 966.83	24 967.17	kgf	0.02%	32.83	0.13%	0.03%
50 000	490.33	50%	49 913.59	49 929.76	49 929.76	49 924.37	kgf	0.03%	75.63	0.15%	0.03%
75 000	735.50	75%	74 759.42	74 770.55	74 770.55	74 766.84	kgf	0.01%	233.16	0.31%	0.02%
100 000	980.67	100%	99 729.78	99 713.58	99 713.58	99 718.98	kgf	0.02%	281.02	0.28%	0.02%
0	0.00	0%	34.53	38.57	38.57	37.22	kgf	0.00%			



Responsable de la calibración:
VR

Factor de equivalencia: 1 kgf = 9.80665 N; 1 lbf = 4.448 22 N

Certificado No.: 2024-CMF-166/FA-P405 Ver.:11 2024-05-21/ página 4 de 5. Fecha de emisión:
Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización del ISCYC

2024-12-12

	CENTRO DE INVESTIGACIONES ISCYC	
	CALIBRACIÓN DE MÁQUINAS E INSTRUMENTOS DE FUERZA, PROCEDIMIENTO P-402.1 EQUIVALENTE A ASTM E4.	

INTERVALO DE TIEMPO ENTRE VERIFICACIONES/CALIBRACIONES

- a. La norma de Ensayo ASTM E4-21, recomienda en la sección 17 que las máquinas de fuerza sean verificadas anualmente o con más frecuencia si es requerido. En ningún caso, deberá el intervalo entre verificaciones exceder 18 meses.
- b. La norma ASTM C39-21 Método de Ensayo para Resistencia a Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto, establece en la sección 6.1.1.1 que la verificación es requerida dentro de los 13 meses de la última calibración.
- c. El periodo de calibración de la máquina deberá ser establecido por el propietario del dispositivo.

INVALIDEZ DEL CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

En presente certificado de calibración quedará invalidado bajo las siguientes condiciones:

- a. Inmediatamente después de ser reubicada de su posición original.
- b. Inmediatamente después de hacer una reparación o ajuste, que afecte la operación del sistema de aplicación de fuerzas de la máquina o en el sistema indicador de carga.

FIN DE CERTIFICADO



FUNDACIÓN ISCYC
CENTRO DE INVESTIGACIONES
Calle Gerardo Barrios No. 1436, Colonia Cucumacayán
San Salvador, San Salvador, Tel. 2121-8900

CARTA DE TRAZABILIDAD			
Equipo:	Celdas de Carga	Codigo:	FZ-P 304 Ver. 1
Localización:	OFICINAS DE CI-ISCYC	Magnitud:	Fuerza

NIST

MOREHOUSE
Patrón de fuerza primario

Identificación:
M-7471

Informe:
822/268391-03

Comparación Directa

MOREHOUSE
Patrón de fuerza primario

Identificación:
M-9500

Informe:
01089290-2

Patrón de fuerza secundario

Identificación:
50751 (ASC)

Informe:
684.07/O-0000
036260

Comparación Directa

MOREHOUSE
Patrón de fuerza primario

Identificación:
M-4644

Informe:
822/255038-95

Comparación Directa

CI-ISCYC
Celda de Carga
MOREHOUSE

Modelo: CALIBRATION
N° Serie: C-9995

Identificación: CI-CEL-200

Alcance de medición clase A,
ASTM E74:
4.448 kN hasta 200.170 kN

Informe:
C-9995A1024

U ± 0.0018%

Comparación Directa

CI-ISCYC
Celda de Carga
MOREHOUSE

Modelo: CALIBRATION
N° Serie: C-9514

Identificación: CI-CEL-2000

Alcance de medición clase A,
ASTM E74:
71.040 kN hasta 2000 kN

Informe:
C-9514A1024

U ± 0.0092%

Comparación Directa

CI-ISCYC
Celda de Carga
MOREHOUSE

Modelo: No Indica
N° Serie: C-9388

Identificación: CI-CEL-40

Alcance de medición, clase A,
ASTM E74:
889.644 N hasta 50,042.493 N

Informe:
C-9388L1422

U ± 0.0034%

Comparación Directa

USUARIO FINAL

Observaciones:
FACTOR DE COBERTURA K=2

Referencias:
POLÍTICA DE TRAZABILIDAD DEL OSA

Realizado por el Gestor de Calidad	Revisado por el Gerente Técnico	Aprobado y autorizado por la Dirección Ejecutiva
Fecha: 11-12-2024		

PROHIBIDA LA REPRODUCCION PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION ESCRITA DEL ISCYC

Alcance de la Acreditación

Laboratorio Centro de Investigaciones del Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto (ISCYC)



N° de Registro:	LCA-01:10
Responsable:	-
Correo electrónico:	fundacioniscyc@gmail.com
Teléfono:	2121-8900 / 7920-0397
Fax:	2121-8900
Sitio web:	www.iscyc.net
Dirección:	Calle Gerardo Barrios #1436, Colonia Cucumacayán, Contiguo a Texaco Gerardo Barrios, San Salvador, El Salvador
Ámbito de la acreditación:	Magnitudes Fuerza, Masa y Temperatura.
Vigencia de la acreditación:	Del 11 de Junio de 2022 al 10 de Junio de 2026. Acreditación otorgada conforme a los requisitos de la Norma NTS ISO/IEC 17025:2017 Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración.
Estado de la acreditación:	Vigente

Alcance:

Servicio de calibración o medición				Intervalo de medición o punto de medición			Condiciones de medición		Incertidumbre expandida				Patrón de referencia del laboratorio		Datos adicional	
N°	Magnitud	Instrumento de medición	Método de medida	Procedimiento de calibración	Valor mínimo	Valor máximo	Unidades	Parámetro	Especificaciones	Valor	Unidades	Factor de cobertura	Nivel de confianza	Descripción del patrón	Origen de trazabilidad	Categorí del laborator
1	Fuerza	Máquinas e instrumentos de fuerza	Indirecto	P402.1	889.64	50,042.49	N	Temperatura/humedad relativa	(20 a 40) °C / (<90%HR)	0.020*	%	2	95%	Celda de carga	SI/MOREHOUSE Estados Unidos	1
	Fuerza	Máquinas e instrumentos de fuerza	Indirecto	P402.1	4.45	200.17	kN	Temperatura/humedad relativa	(20 a 40) °C / (<90%HR)	0.040	%	2	95%	Celda de carga	SI/MOREHOUSE Estados Unidos	1
	Fuerza	Máquinas e instrumentos de fuerza	Indirecto	P402.1	75.68*	2,000	kN	Temperatura/humedad relativa	(20 a 40) °C / (<90%HR)	0.020*	%	2	95%	Celda de carga	SI/MOREHOUSE Estados Unidos	1

Alcance de la Acreditación



Servicio de calibración o medición				Intervalo de medición o punto de medición			Condiciones de medición		Incertidumbre expandida				Patrón de referencia del laboratorio		Datos adicionales	
Nº	Magnitud	Instrumento de medición	Método de medida	Procedimiento de calibración	Valor mínimo	Valor máximo	Unidades	Parámetro	Especificaciones	Valor	Unidades	Factor de cobertura	Nivel de confianza	Descripción del patrón	Origen de trazabilidad	Categoría del laboratorio
2	Masa	Instrumento para pesar	Directo	p402.2	0.001	200	g	Temperatura/humedad relativa	(10 a 30) °C / (<80%HR)	0.04	mg	2	95%	Juego de masas, exactitud equivalente a clase F2	SI/SCM Costa Rica	1
	Masa	Instrumento para pesar	Directo	p402.2	1	20,000	g	Temperatura/humedad relativa	(20 a 40) °C / (<90%HR)	0.58	g	2	95%	Juego de masas, exactitud equivalente a clase M3	SI/SCM Costa Rica	1
3	Temperatura	Calibración de termostato de hornos	Directo	p402.3	30	250	°C	Temperatura/humedad relativa	(20 a 40) °C / (<90%HR)	0.87	°C	2	95%	Termocuplas	SI/SCM Costa Rica	1

ORGANISMO SALVADOREÑO DE ACREDITACIÓN

Control de actualizaciones en el alcance:

Modificación	Fecha de vigencia
Actualización del valor mínimo del intervalo de medición y valor de incertidumbre marcada con asterisco (*) para el numeral 1	A partir del 30 de mayo del 2022 hasta el 10 de junio del 2026
Renovación de la acreditación, nuevo ciclo de acreditación	11 de junio de 2022 al 10 de junio de 2026

Fin del documento

INFORME DE CALIBRACIÓN

Fecha: 2023-06-30

Solicitante: LAIC S.A DE C.V
Dirección: Polígono 1, Colonia Montecarmelo # 1
Ciudad: San Salvador
País: El Salvador
Instrumento / Tipo: Humedómetro Digital
Fabricante: Pinzuar
Modelo: S020504
Año de fabricación: 2023
Serie: 0716
Intervalo de medición: 0 - 20%
Ubicación del Instrumento: Planta Pinzuar
Patrón de calibración: Manómetro Patrón
Trazabilidad: P - 28645-001 Pinzuar
Método de calibración: Comparación Directa
Técnico: Santiago Peñaranda

TABLA DE RESULTADOS

Lectura del Equipo	Lectura del Patrón			Promedio Series (S1+S2+S3) / 3	Error Absoluto	Error Relativo
	Serie 1	Serie 2	Serie 3			
% H	% H	% H	% H	% H	% H	%
2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	0,00	0,00
4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	0,00	0,00
6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	0,00	0,00
8,00	8,00	8,05	8,00	8,02	0,02	0,21
10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	0,00	0,00
12,00	12,00	12,05	12,00	12,02	0,02	0,14
14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	0,00	0,00
16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	0,00	0,00
18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	0,00	0,00
20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	0,00	0,00

Jeisson R.
Ing. Jeisson Rodríguez
Inspector de Calidad
PINZUAR

TRAZABILIDAD: Pinzuar asegura y mantiene la trazabilidad de los patrones empleados en esta inspección

(*) Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas y se refiere al momento y condiciones en que se realizaron. Pinzuar no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento y/o la información contenida en este documento.

Cód.: AC-P-01-F-17 // Rev 0 // Válido desde 2022-04-07

PBX. 745 4555
WWW.PINZUAR.COM.CO

Lab. Metrología
Cil 18 # 103B - 72
Fontibón - Bogotá • Colombia
Cel: 316 538 5810 - 317 423 3640
labmetrologia@pinzuar.com.co

km 2 Vía Madrid - Puente Piedra
Parque Ind. **San Isidro • Bodega 1C**
(Madrid, Cundinamarca) • Colombia
Cel: 316 525 1236 - 311 885 5256
ventas@pinzuar.com.co

Perú
Calle Ricardo Palma #998
Urb. San Joaquín Bellavista Callao - Lima
(51+1) 562 1263
peru.comercial@pinzuar.com.co

EQUIPOS PARA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y ASFALTOS • LABORATORIO DE METROLOGÍA ACREDITADO

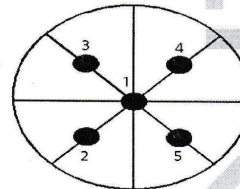
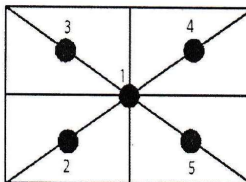
INFORME DE CALIBRACIÓN

Fecha: 2023-06-30

Solicitante: LAIC S.A DE C.V
 Dirección: Poligono 1, Colonia Montecarmelo # 1
 Ciudad: San Salvador
 País: El Salvador
 Instrumento: Balanza
 Tipo: Digital
 Fabricante: AWS
 Modelo: AWS-600
 Serie: 0716
 Intervalo de medición: 0 a 600 g
 Intervalo de calibración: 0 a 600 g
 División de escala: 0,1 g
 Ubicación del instrumento: Planta Pinzuar
 Patrón de calibración: Juego de pesas M1
 Trazabilidad: No. M-2603 Pinzuar
 Técnico: Juan David Hoyos

ENSAYO DE EXACTITUD				ENSAYO DE REPETIBILIDAD			
No.	Carga (g)	Creciente (g)	Decreciente (g)	Carga media	300 (g)	Carga alta	600 (g)
1	2	2,0	2,0	300,0		600,0	
2	100	100,0	100,0	300,0		600,0	
3	300	300,0	300,0	300,0		600,0	
4	500	500,0	500,0	300,0		600,1	
5	600	600,1	600,1	300,0		600,1	

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD		
No.	Carga	200 (g)
No.	Unidad (g)	
1	199,9	
2	200,0	
3	200,0	
4	200,0	
5	200,0	



Jeisson R.

Ing. Jeisson Rodríguez

Inspector de Calidad

PINZUAR

TRAZABILIDAD: Pinzuar asegura y mantiene la trazabilidad de los patrones empleados en esta inspección

(*) Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas y se refiere al momento y condiciones en que se realizaron. Pinzuar no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento y/o la información contenida en este documento.

Cód.: AC-P-01 F-10 // Rev 0 // Válido desde 2017-08-01

Lab. Metrología
 Cl 18 # 103B - 72
 Fontibón - Bogotá - Colombia
 Cel: 316 538 5810 - 317 423 3640
 labmetrologia@pinzuar.com.co

km 2 Vía Madrid - Puente Piedra
 Parque Ind. San Isidro • Bodega 1C
 (Madrid, Cundinamarca) • Colombia
 Cel: 316 525 1236 - 311 885 5256
 ventas@pinzuar.com.co

Perú
 Calle Ricardo Palma #998
 Urb. San Joaquín Bellavista Callao - Lima
 (51+1) 562 1263
 peru.comercial@pinzuar.com.co

PBX. 745 4555
 WWW.PINZUAR.COM.CO

EQUIPOS PARA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y ASFALTOS • LABORATORIO DE METROLOGÍA ACREDITADO



ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
"ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"



VERIFICACION DE MARTILLO SCHMIDT.

SOLICITA: LAGOS Y ASOCIADOS. INGENIEROS CONSULTORES.
VERIFICACION: MARTILLO SCHMIDT
MARCA: FORNEY
Fecha Solicitud: 27 SEPTIEMBRE 2023
Fecha Recibido: 27 SEPTIEMBRE 2023.

Reporte No: 49 - 2023
Hoja No: 1/1
Laboratorista: C.M. - D.M.
Elaboró: Ing. E. López
Fecha Ensayo: 28 Sept. 2023

No.	LECTURA DE MARTILLO
1	78.0
2	78.0
3	80.0
4	80.0
5	78.0
6	78.0
7	78.0
8	80.0
9	80.0
10	80.0
11	80.0
12	80.0
13	80.0
14	80.0
15	78.0
16	78.0
PROMEDIO:	79.1



OBSERVACIONES:



ING. RAMON EVELIO LOPEZ
JEFE DEL LABORATORIO





SERVICIOS DE CALIBRACIÓN, S.A. DE C.V.

CERTIFICADO DE CALIBRACION

Certificado No.: TLD01250210DM

Equipo : Termómetro de Lectura Directa

Marca : Comark

Modelo : DT400

Serie : S/N

Código : S/N

Intervalo : -20 °C a 200 °C

Intervalo de Calibración : 15,0 °C a 175,0 °C

Resolución : 0,1 °C

Ubicación : Laboratorio de Campo

Fecha de Recepción : N/A

Fecha de calibración : 2025-02-10

Fecha de Emisión : 2025-02-12

Próxima calibración : 2026-02

Empresa Solicitante : LAGOS Y ASOCIADOS INGENIEROS CONSULTORES, S.A. DE C.V.

Dirección/ : Complejo Educativo Cristóbal Colón, Municipio de Nahulingo,
Lugar de Calibración Sonsonate, El Salvador.

TRAZABILIDAD: SERCAL asegura la trazabilidad del patrón con certificado No. 5519934 de TESTO.

PROCEDIMIENTO No.: PT-24

METODO: comparación directa del instrumento con el patrón.

PT-10:FT-01 Pág. 1/2

Urbanización Lisboa, #102, Av. Rocío y Calle San Antonio Abad, San Salvador, El Salvador, C.A.

Tel.: (503) 2272-1735 • (503) 2232-4104 • Cel.: (503) 7888-9128.

E-mail: atencionalcliente@labsercal.com • Página Web: labsercal.com

Laboratorio de Calibración acreditado por el OSA con registro N° LCA-01:15
para el alcance detallado en www.osa.gob.sv

CERTIFICADO DE CALIBRACION

Certificado No.: TLD01250210DM

RESULTADOS OBTENIDOS:

Indicación del Instrumento Bajo Calibración (°C)	Indicación del Patrón (°C)	Conversión al SI (K)	Corrección de Indicación (°C)	Incertidumbre Expandida (k= 2; 95%) (°C)
15,0	14,982	288,15	-0,018	0,21
110,0	110,014	383,15	0,014	0,16
175,0	175,540	448,15	0,540	0,16

La temperatura indicada se da por la relación siguiente:

Temperatura = Valor de indicación + Corrección.

Observación: En caso de que se desee expresar los resultados obtenidos en unidades SI, utilizar el siguiente factor de conversión: **K= 273,15 + °C**

La incertidumbre expandida está calculada usando un factor de cobertura k= 2, para un intervalo de confianza de aproximadamente el 95 %.

Condiciones ambientales: 35 °C, 36 % HR

Los resultados obtenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y para los ítems identificados en este certificado.

Este documento no podrá ser reproducido de forma parcial, sin la autorización de SERCAL.

SERCAL: No se responsabiliza por daños que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos calibrados.



David Molina
Técnico



FIN DEL CERTIFICADO



Adiel Ramírez
Aprobó