



La investigación, su esencia y arte.

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**“EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO POROSO F’C 210
KG/CM² APLICANDO SIKAFUME Y CEMENTO PORTLAND TIPO V”**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Estructuras, Geotecnia y Recursos Hídricos

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE:

INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA

CAMPO DE LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO OCDE:

2.01.01

PRESENTADO POR:

Bach. TAPIA TITO, Erick Paul

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-3578-3350>

ASESOR:

Mg. MURGA TIRADO, Christian Edinson

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9672-3198>

PAMPAS - PERÚ

2024

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

FACULTAD DE INGENIERÍA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS EN LA MODALIDAD PRESENCIAL PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Expediente N° 1-2025-UNAT/FI-EPIC

Página 1 de 1

En esta acta, se hace constar que en el auditorium de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja "Daniel Hernández Morillo", ubicado en el distrito de Ahuaycha, provincia de Tayacaja, departamento Huancavelica, el día **20 de marzo del 2025**, a las **11:00** horas, se reunieron los miembros del Jurado Calificador designados con Resolución de Comisión Organizadora N° 317-2023-CO-UNAT, de fecha 12 de setiembre del 2023, con el propósito de llevar a cabo el **Acto de Sustentación** de la tesis de Titulación Profesional:

"EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO POROSO F'C 210 KG/CM² APLICANDO SIKAFUME Y CEMENTO PORTLAND TIPO V"

Dicha tesis ha sido presentada por el Bachiller en Ingeniería Civil **ERICK PAUL TAPIA TITO** y asesorado por el docente Mg. **MURGA TIRADO CHRISTIAN EDINSON** adscrito al Departamento Académico de Ingeniería Civil.

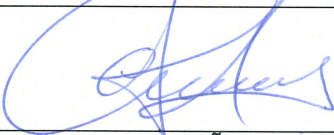
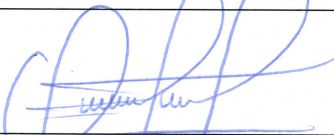
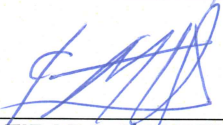
Después de haber calificado el informe final de tesis, escuchada la sustentación y las respuestas a las preguntas formuladas por el Jurado, se le declara¹: APROBADO, para optar el **Título Profesional de INGENIERO CIVIL**, con la calificación de 15, que corresponde a la condición²: BUENO.

En consecuencia, el sustentante:

Queda en condición de recibir el indicado Título Profesional, de conformidad con las normas legales, estatutarias y reglamentarias aplicables en materia del proceso de titulación profesional.

NO queda en condición de recibir el indicado Título Profesional, de conformidad con las normas legales, estatutarias y reglamentarias aplicables en materia del proceso de titulación profesional.

Siendo las 12:00 horas del mismo día, mes y año, se da por concluido el Acto de Sustentación, firmando a continuación los intervinientes, en señal de conformidad de lo acontecido y consignado.

	
Dr. VALQUI CASTAÑEDA CARLOS ALFREDO Presidente	Dr. DE LA CRUZ ARAUJO RONAL ABEL Miembro
	
Mg. MURGA TIRADO CHRISTIAN EDINSON Asesor	

1. Indicar: Aprobado y/o Desaprobado.
2. Indicar: Excelente, Muy Bueno, Bueno, Regular y/o Desaprobado.

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N° 002-2025

EL DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE TAYACAJA DANIEL HERNÁNDEZ MORILLO, QUIEN SUSCRIBE:

HACE CONSTAR:

Que la tesis titulada: "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO POROSO F'C 210 KG/CM² APLICANDO SIKAFUME Y CEMENTO PORTLAND TIPO V", desarrollado por el bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil **TAPIA TITO, Erick Paul**, asesorado por el **MG. CHRISTIAN EDINSON MURGA TIRADO** cumple con los requisitos de conformidad de originalidad mediante (*software Anti plagio Turnitin*), evidenciándose en el informe de originalidad un porcentaje de similitud de veinte (20%), el cual se encuentra dentro del parámetro establecido por la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo.

Se expide la presente constancia para los fines que estime conveniente.

Pampas, 19 de marzo de 2025



Dr. Gino Paul Prieto Rosales
Director de la Unidad de Investigación
De la facultad de Ingeniería

AGRADECIMIENTOS:

Por el apoyo prestado para poder desarrollar la presente Tesis a:

- Mg. Murga Tirado Christian Edinson : Asesor de Tesis (UNAT)
- Dr. Ronal Abel de la Cruz Araujo : Coordinador de la facultad de Ingeniería
- Mg. Carlos Valqui Castañeda : Coordinador de la E.P. de Ing. Civil

Por sobre todo agradezco a Dios; por darme la oportunidad de gozar de un día más; a mis padres, Edgardo y Marcelina, a mis hermanos Carlos y Kalim, por su comprensión y apoyo incondicional.

A mi querida y Gloriosa Universidad, la UNAT que fue creada con la lucha del pueblo y para el pueblo; que gracias a ella se hace realidad mi sueño de ser un Profesional instruido para servir a la humanidad.

A mi Pareja Maruja, a mis hijos por darme la fortaleza y la razón para seguir adelante, por ser la fuente de mi inspiración y así poder cumplir con mis sueños y metas.

DEDICATORIA:

Se lo dedico a mis padres Edgardo y Marcelina por ser un modelo de una persona de bien, de justicia y lealtad, de lucha y sacrificio; por como siempre me apoyaron para cumplir con mis objetivos.

También se lo dedico a todos mis docentes con quienes tuve la oportunidad de compartir y recibir sus conocimientos en las aulas de esta prestigiosa Universidad, quienes son un modelo a seguir e imitar; en especial al Prof. Miguel Iglesias quien saco lo mejor de mí.

ÍNDICE

ÍNDICE.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	4
1.2. Descripción del problema	4
1.3. Formulación del problema	5
1.3.1. <i>Problema general</i>	5
1.3.2. <i>Problemas específicos</i>	5
1.4. Justificación de la investigación:	6
1.4.1. <i>Justificación Teórica:</i>	6
1.4.2. <i>Justificación Metodológica:</i>	6
1.4.3. <i>Justificación Práctica:</i>	7
1.5. Limitación de la investigación.....	8
1.5.1. <i>Disponibilidad y acceso a los materiales</i>	8
1.5.2. <i>Variabilidad de los materiales</i>	8
1.5.3. <i>Tiempo y costo</i>	8
1.5.4. <i>Generalización de los resultados</i>	9
1.6. Objetivos.....	9
1.6.1. <i>Objetivo General</i>	9
1.6.2. <i>Objetivos específicos</i>	9

1.7.	Hipótesis	9
	1.7.1. <i>Hipótesis general</i>	9
	1.7.2. <i>Hipótesis específicas</i>	9
1.8.	Descripción de variables	10
	1.8.1. <i>Variables independientes</i>	10
	1.8.2. <i>Variables dependientes</i>	10
II.	MARCO TEÓRICO	11
2.1.	Antecedentes	11
2.2.	Bases teóricas.....	13
	2.2.1. <i>Concreto Poroso:</i>	13
	2.2.2. <i>Estructura del concreto Poroso.</i>	14
2.3.	Marco conceptual.....	16
	2.3.1. <i>Asentamiento (Slump):</i>	16
	2.3.2. <i>Peso Unitario y Porcentaje de vacíos (Concreto fresco):</i>	18
	2.3.3. <i>Peso Unitario y Porcentaje de vacíos (Concreto endurecido):</i>	18
	2.3.4. <i>Resistencia a la compresión:</i>	19
	2.3.5. <i>Resistencia a la flexión (Módulo de rotura – MR):</i>	21
	2.3.6. <i>Permeabilidad (Índice de infiltración):</i>	22
	2.3.7. <i>Diseño de mezcla de concreto permeable (ACI 522R):</i>	24
2.4.	Definición de términos básicos.....	30
	2.4.1. <i>Aditivo:</i>	30
	2.4.2. <i>Agregado grueso:</i>	30
	2.4.3. <i>Cemento Pórtland:</i>	30
	2.4.4. <i>Concreto:</i>	30

2.4.5.	<i>Concreto permeable:</i>	30
2.4.6.	<i>Contenido de vacíos:</i>	30
2.4.7.	<i>Módulo de rotura (MR):</i>	31
2.4.8.	<i>Relación agua/cemento (a/c):</i>	31
2.4.9.	<i>Resistencia:</i>	31
2.4.10.	<i>Resistencia a la compresión:</i>	31
2.4.11.	<i>Resistencia a la flexión:</i>	31
2.4.12.	<i>Tasa de infiltración (permeabilidad):</i>	32
III.	METODOLOGÍA	33
3.1.	Diseño metodológico	33
3.1.1.	<i>Tipo de Investigación:</i>	33
3.1.2.	<i>Nivel de investigación:</i>	33
3.1.3.	<i>Diseño de la investigación.</i>	34
3.2.	Población y muestra	34
3.2.1.	<i>Población</i>	34
3.2.2.	<i>Muestra</i>	34
3.3.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	35
3.3.1.	<i>Técnicas de recolección de datos:</i>	35
3.3.2.	<i>Instrumentos de recolección de datos:</i>	36
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1.	Tratamiento y análisis de resultados:	37
4.1.1.	<i>Materiales usados para las mezclas del Concreto Poroso:</i>	37
4.1.2.	<i>Consideraciones Iniciales de Mezcla:</i>	39
4.1.3.	<i>Resumen de los diseños de mezcla de concreto permeable:</i>	43

4.1.4.	<i>Ensayos al concreto permeable en estado fresco:</i>	47
4.1.5.	<i>Resistencia a la compresión y Módulo de Rotura:</i>	54
4.1.6.	<i>Permeabilidad y Contenido de vacíos:</i>	63
4.1.7.	<i>Costo de la elaboración del concreto poroso:</i>	72
4.1.8.	<i>Prueba de Normalidad:</i>	74
4.1.9.	<i>Prueba del ANOVA.</i>	75
4.2.	Comprobación de la hipótesis:	78
4.2.1.	<i>Comprobación de la hipótesis para el $f'c$:</i>	80
4.2.2.	<i>Comprobación de la hipótesis para permeabilidad:</i>	82
4.3.	Discusión de resultados:	84
4.3.1.	<i>Diseño y elaboración del concreto poroso:</i>	84
4.3.2.	<i>Resistencia a la compresión del concreto poroso:</i>	85
4.3.3.	<i>Permeabilidad del concreto poroso:</i>	86
4.3.4.	<i>Costo del concreto poroso:</i>	86
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENACIONES	88
5.1.	Conclusiones:	88
5.2.	Recomendaciones:	89
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
	ANEXOS	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Normativas para realizar la caracterización del agregado grueso.....	14
Tabla 2 Normativas para realizar la caracterización del agregado fino.....	15
Tabla 3 Rangos de estabilidad para el Asentamiento.....	17
Tabla 4 Requisitos mínimos en pavimentos especiales.....	22
Tabla 5 Rangos característicos de proporciones para concreto permeable.....	25
Tabla 6 Valores efectivos b/bo.....	25
Tabla 7 Cantidad de probetas para la investigación.....	35
Tabla 8 Características físicas del agregado grueso " Bendezú - Urbano".....	38
Tabla 9 Relación a/c de los diferentes diseños.....	40
Tabla 10 Determinación del % de aditivo respecto al cemento.....	42
Tabla 11 Resumen de los diferentes diseños de mezclas. Propuesta #1.....	43
Tabla 12 <i>Rango de materiales utilizados en la mezcla.</i> Propuesta #1.....	44
Tabla 13 Resumen de los diferentes diseños de mezclas. Propuesta #2.....	44
Tabla 14 Rango de materiales utilizados en la mezcla. Propuesta #2.....	45
Tabla 15 Valores de Asentamiento para cada diseño.....	47
Tabla 16 Peso unitario del concreto poroso en estado fresco.....	50
Tabla 17 Resistencia Promedio y Desviación Estándar.....	59
Tabla 18 Desviación Estándar y Coeficiente de Variación.....	60
Tabla 19 Normas de control para $F_c \leq 35$ Mpa.....	61
Tabla 20 Resumen de los resultados de permeabilidad.....	67
Tabla 21 Resultados del ensayo de peso unitario y contenido de vacíos.....	71
Tabla 22 Resultados del ANOVA de un factor.....	75
Tabla 23 HSD Tukey; Variable dependiente (Resistencia).....	76

Tabla 24 Agrupación de acuerdo al HSD Tukey ^(a)	78
Tabla 25 Prueba "t-Student" para el f'c (Diseño con SikaFume Vs Patrón)	80
Tabla 26 Prueba "t-Student" para el f'c (Diseño con SikaFume y Patrón Vs CE.010)	81
Tabla 27 Prueba "t-Student" para la permeabilidad según el ACI 522R-10 (1.4mm/s).	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Modelo del Concreto Poroso (Permeable).....	13
Figura 2 Ensayo de asentamiento - Slump	17
Figura 3 Equipo - Prensa Hidráulica	20
Figura 4 Resistencia a la Compresión (MPa.) vs Contenido de Vacíos (%).	20
Figura 5 Resistencia a la tracción VS Contenido de aire (%).	21
Figura 6 Permeámetro de carga variable para mediciones de infiltración.	23
Figura 7 Permeabilidad (in/min) vs contenido de vacíos (%).	24
Figura 8 Contenido de pasta vs % de vacíos (Agregado de tamaño N°8).....	27
Figura 9 Cantera Bendezú - Urbano.....	37
Figura 10 Probetas con cantidad de pasta inadecuada.....	41
Figura 11 Probeta con dosis de pasta adecuada.....	42
Figura 12 Proporciones de elementos de cada mezcla.	46
Figura 13 Proporciones de cada elemento en la Pasta.....	46
Figura 14 Ensayo de Asentamiento - Slump (M-PT01 al M-PT06°).....	48
Figura 15 Ensayo de Asentamiento – Slump (M-PT07, M-PT08 y M-PT11).	48
Figura 16 Realización del ensayo de Peso Unitario en estado fresco	49
Figura 17 Peso unitario del concreto poroso.	51
Figura 18 Realización de las diferentes probetas.	52
Figura 19 Embalado de probetas para evitar pérdidas de agua.	53
Figura 20 Curado de probetas en tinas.	53
Figura 21 Proceso de realización del ensayo de compresión	54
Figura 22 Evolución de la Resistencia a la carga axial (Propuesta #01 parte 1).....	55
Figura 23 Evolución de la Resistencia a la carga axial (Propuesta #01 parte 2).....	56

Figura 24 Evolución de la Resistencia a la carga axial (Propuesta #02).....	57
Figura 25 Evolución de los diferentes diseños del concreto poroso.	62
Figura 26 Permeámetro según el ACI522R-10	63
Figura 27 Preparado de probetas para el ensayo de permeabilidad.....	64
Figura 28 Ensayo de permeabilidad.	65
Figura 29 Ensayo de peso unitario y contenido de vacíos del concreto poroso.	68
Figura 30 Permeabilidad en función del contenido de vacíos.	72
Figura 31 Costo de la elaboración de cada diseño de concreto poroso.	73
Figura 32 Gráficas de la Distribución Normal.	74
Figura 33 Variabilidad entre diseños.	75
Figura 34 Parte de la tabla t-Student	79

RESUMEN

El presente estudio se enfoca en investigar la influencia de la incorporación de SikaFume y el uso de cemento Portland Tipo V en la resistencia del concreto poroso con el objetivo de evaluar diferentes diseños para la elaboración del concreto poroso. Mediante la combinación de los materiales, la relación agua sobre el cemento (A/C) adecuadas cuyos valores variaron entre (0.266 y 0.380). Las proporciones y condiciones de mezcla adecuadas para lograr resultados óptimos en términos de resistencia. La metodología incluye la evaluación de las características y particularidades del concreto poroso mediante pruebas de resistencia y permeabilidad, comparando un diseño patrón (el cual no contiene aditivo) con los diferentes diseños propuestos. Los materiales utilizados son: Agregados (piedra chancada de ½”), cemento Portland Tipo V, SikaFume (aditivo) y agua. Los resultados más importantes durante la evaluación del comportamiento del concreto mostraron una tendencia negativa a mayor uso del SikaFume. Este estudio contribuirá al desarrollo de pautas y recomendaciones para la eficiente aplicación del concreto poroso (a base de cemento portland tipo V y SikaFume) pudiendo ser una alternativa para el mejoramiento de las infraestructuras urbanas, defensas ribereñas y la gestión adecuada de las aguas pluviales en áreas urbanizadas.

Palabras clave. Concreto poroso, SikaFume, Cemento Portland Tipo V, Propiedades mecánicas, Pruebas de resistencia y permeabilidad.

ABSTRACT

The present study focuses on investigating the influence of the incorporation of SikaFume and the use of Portland Type V cement on the strength of porous concrete with the aim of evaluating different designs for the elaboration of porous concrete. By combining the materials, the water-to-cement ratio (A/C) was found to be suitable whose values varied between (0.266 and 0.380). The right proportions and mixing conditions to achieve optimal results in terms of resistance. The methodology includes the evaluation of the characteristics and particularities of porous concrete through resistance and permeability tests, comparing a standard design (which does not contain additive) with the different proposed designs. The materials used are: Aggregates (1/2" crushed stone), Portland cement Type V, SikaFume (additive) and water. The most important results during the evaluation of the concrete behavior showed a negative trend towards greater use of SikaFume. This study will contribute to the development of guidelines and recommendations for the efficient application of porous concrete (based on Portland cement type V and SikaFume) that can be an alternative for the improvement of urban infrastructures, riparian defenses and the proper management of rainwater in urbanized areas.

Keywords. Porous Concrete, SikaFume, Portland Cement Type V, Mechanical Properties, Strength and Permeability Tests.

I. INTRODUCCIÓN

El IPCC (2018) publicó un informe especial referido al impacto ambiental ocasionado por el calentamiento global a 1,5°C. Además, subraya que para detener el ritmo del calentamiento global sería necesario aplicar cambios instantáneos que tengan un alcance nacional y/o global en los diferentes aspectos de la sociedad (manejo de la tierra, la minería, la industria, la construcción, etc.) de la mano de políticas que conlleven a una sociedad más sostenible y equitativa. También, muestra una serie de consecuencias que se podrían evitar al establecer el calentamiento global en 1.5°C en lugar de 2°C, o más. Además, existe el riesgo de que el Océano Ártico quede sin hielo en época de verano sería de una vez por siglo, mientras que si el calentamiento global sería superior al 2°C ese riesgo llegaría a ser una vez por década. También indica que, a un calentamiento de 1,5°C los arrecifes (comunidades marinas ubicadas en aguas poco profundas – zonas costeras) se reducirían entre un 70 y 90% en comparación con un 2°C donde prácticamente se perdería el (99%).

Portillo (2021) menciona como fenómeno climático a las lluvias torrenciales las cuales tiene como característica aquellas lluvias intensas durante un determinado periodo de tiempo; las mismas que pueden tener diferente origen como la liberación de calor, la inestabilidad atmosférica o la condensación y liberación de calor, y estas pueden ocasionar diferentes consecuencias dependiendo del origen, la magnitud y duración de las precipitaciones, tales como deslizamientos de tierra, inundaciones, pérdidas de cultivo la infraestructura, etc. Siendo este un impacto negativo referente a las actividades del hombre, ya que las aguas producidas por este tipo de lluvias pueden inundar calles, ríos y áreas bajas; Además, de obstaculizar la visibilidad lo que dificulta la conducción y otras actividades al aire libre. Por ende, la Meteorología y su predicción son un aspecto importante para poder pronosticar y diseñar y/o establecer acciones e infraestructura para minimizar o reducir su impacto sobre la tierra.

Toimil (2016) señala que los eventos de inundación a consecuencia del cambio climático son una de las principales amenazas para las zonas costeras y de baja altura, debido al crecimiento del nivel medio del mar. Por ende, presenta una metodología en donde se analiza la incidencia de las inundaciones a una escala regional, integrando la base de datos históricas con las proyecciones dinámicas del comportamiento del mar. Mediante un modelo digital de

terreno de alta resolución, mejorado con la inclusión de defensas costeras. La elevación en el nivel del mar a causa de la rotura del oleaje se calcula mediante una fórmula semi empírica ajustada con datos de campo, esta se adapta a las áreas interiores de los puertos. Esta elevación en el nivel medio del mar es utilizada en un modelo hidrodinámico bidimensional que permite estimar la inundación en tierra. Dicha metodología fue aplicada en la zona costera del Principado de Asturias (España) mediante diferentes escenarios donde se proyectaron eventos locales de crecimiento del mar con situaciones extremas.

En el Perú, la Municipalidad Distrital de Olmos (2018), realizó un informe sobre la evaluación de riesgo por lluvias intensas en caso de presentarse el denominado “Niño Costero” en el que señalaron que: Existía condiciones anormales océano-atmosféricas, las cuales denotaban la presencia del fenómeno antes mencionado, el ENFEN el 2017 informo sobre los nuevos reportes sobre el incremento de Temperatura Superficial del Mar (TSM) los cuales ascendían a 26 °C en varios sectores de la zona norte del mar peruano. Bajo de estas circunstancias se registró las precipitaciones más intensas en el centro poblado de Olmos catalogándose como “Extremadamente Lluvioso” Estas precipitaciones llegaron a superar los acumulados históricos de lluvia los cuales se registraron en “El Niño 1982-83” y “El Niño 1997-98”. Asimismo, es considerado dentro de los tres Fenómenos del Niño más intensos dentro del último centenario para el Perú. De acuerdo con el Informe de Emergencia N° 535 – 03/05/2017 / COEN – INDECI (Informe N° 51), en este distrito fueron reportados como damnificados al menos 247 personas y llegando a ser 5,449 afectadas, también se reportaron 60 viviendas colapsadas, 13 que quedaron inhabitables y 2,299 fueron afectadas, de la misma manera 13 instituciones educativas y 1 centro de salud sufrieron daños considerables, también informaron que 9.71 km de infraestructura vial (caminos rurales) fueron afectadas.

S&P (2024), en su página web menciona que como prioridad para nuestra sociedad actual se debe enfocar al medio ambiente y su sostenibilidad. Por ende, las edificaciones deben estar en armonía con su entorno, mejorando de gran manera las condiciones de vida de sus habitantes. El sector de la construcción es considerado como un eje clave en el camino a la sostenibilidad; por ello los materiales utilizados juegan un papel importante para la obtención de los resultados esperados obteniendo edificios sostenibles en donde sean mínimas las

emisiones de partículas contaminantes al medio ambiente, además sus ocupantes tengan la certeza y sientan el confort de no estar en llamado Síndrome del Edificio Enfermo. Por ello menciona que existen numerosos materiales sostenibles como: La madera, la celulosa, el barro cocido, el Bambú, el concreto reciclado, el concreto poroso, etc.

Jerzy et. al (2015) desarrolló un sistema para analizar la estructura porosa de un concreto con aire incluido basándose en imágenes en 2D. Destacando que la implementación de infraestructuras de calidad es la base fundamental para el desarrollo urbano y rural. En la actualidad el concreto (hormigón) poroso es un material ampliamente requerido para la construcción debido a sus propiedades únicas, como su capacidad de drenaje y permeabilidad controlada. Sin embargo, uno de los desafíos asociados es la necesidad de mantener una resistencia adecuada para garantizar su durabilidad y capacidad estructural.

Perera, et. al (2019). Destaca que, el concreto poroso se utiliza en diversas aplicaciones, como pavimentos, revestimientos de drenaje y elementos prefabricados. Para lograr la resistencia adecuada muchas veces se necesita algún tipo de aditivo y cementos especiales que favorezcan o incrementen las cualidades mecánicas del concreto.

Es importante saber las características de los materiales con los cuales se va a elaborar el concreto poroso y si este va a contar con un aditivo, también establecer las características del cemento Portland Tipo V, el cual tiene un contenido reducido de aluminato tricálcico, puede proporcionar una mayor resistencia a la corrosión y una mayor durabilidad en entornos agresivos. Es indispensable evaluar la resistencia axial del concreto poroso utilizando SikaFume y cemento Portland Tipo V, debido a la falta de estudios exhaustivos que investiguen el desempeño de esta combinación de materiales en condiciones reales. La falta de datos experimentales y técnicas de evaluación específicas limita nuestra comprensión de la incidencia de estos aditivos en sus características mecánicas del concreto poroso.

Por lo tanto, es necesario realizar la caracterización exhaustiva de los componentes primarios (agregados) necesarios en la elaboración del concreto permeable mediante diferentes ensayos de laboratorio, respaldados por las normativas vigentes como las diferentes NTP, ASTM y otros relacionados con estos ensayos.

1.1. Planteamiento del problema

En el ámbito de la construcción, el concreto poroso ha surgido como una solución efectiva para mitigar los problemas de escurrimiento superficial en áreas urbanas. Este material se caracteriza por su capacidad permeable mediante su estructura, lo que reduce la escorrentía y contribuye a la gestión sostenible del agua. Sin embargo, para su aplicación exitosa, es fundamental comprender en detalle cómo las características físicas de los agregados pueden afectar las propiedades y el desempeño del concreto poroso.

Por ende, es imprescindible contrarrestar la baja capacidad de resistir cargas compresivas del concreto poroso, llevando a cabo una investigación rigurosa sobre la evaluación del concreto poroso $f'c$ 210 kg/cm² interactuando con el aditivo SikaFume y el cemento Portland tipo V. Estos componentes adicionales han sido seleccionados debido a su potencial para influir en las propiedades mecánicas, permeabilidad y durabilidad del concreto poroso. Es necesario determinar de manera precisa y cuantitativa cómo la inclusión de estos componentes (aditivo y cemento) pueden afectar el comportamiento del concreto poroso y su idoneidad para diferentes aplicaciones constructivas.

1.2. Descripción del problema

El (ACI-522R, 2006), menciona que el problema fundamental que se encuentra es su baja capacidad de resistencia; a mayor porcentaje de poros (huecos) es menor la resistencia, aunque este es un material utilizado en diversas aplicaciones de construcción, como pavimentos permeables, sistemas de drenaje, defensas ribereñas, parques ecológicos entre otros. Sin embargo, es fundamental comprender cómo la adición del aditivo SikaFume y cemento Portland tipo V pueden influir en las propiedades mecánicas y de durabilidad.

En términos técnicos, se plantea la necesidad de llevar a cabo pruebas y ensayos experimentales para evaluar el comportamiento del concreto poroso modificado. Estos ensayos incluyen el de resistencia a la compresión (cómo la adición del aditivo y el uso de cemento afectan la capacidad del concreto poroso para soportar cargas aplicadas). Además, se pueden realizar pruebas de permeabilidad (índice de infiltración). Esto es relevante para determinar si las modificaciones en la composición del concreto poroso tienen un impacto en su capacidad de

gestión del agua en aplicaciones de drenaje y pavimentación permeable. Asimismo, se pueden llevar a cabo análisis de durabilidad para evaluar la resistencia del concreto poroso modificado a la corrosión, degradación química y desgaste a largo plazo.

La investigación propuesta proporcionará datos cuantitativos sobre el impacto de la adición del aditivo SikaFume y el uso de cemento Portland tipo V en el concreto poroso $f'c$ 210. Estos datos serán fundamentales para establecer las mejores prácticas en la utilización de estos aditivos y cementos, asegurando así el desempeño óptimo del concreto poroso en diversos proyectos de construcción.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es la influencia de la adición del aditivo SikaFume y el cemento Portland tipo V en el concreto poroso $F'c$ 210 kg/cm^2 referente a la resistencia?

1.3.2. Problemas específicos

1. ¿Puede usarse el SikaFume para reducir el importe de agua entre el 15 al 30% (prototipo)?
2. ¿Cuánto afecta la implementación de SikaFume en la elaboración del concreto poroso $f'c$ 210 kg/cm^2 en cuanto a su resistencia mecánica?
3. ¿Cuál es el efecto de la adición del cemento portland tipo V sobre el concreto poroso $f'c$ 210 kg/cm^2 en cuanto a su resistencia mecánica?
4. ¿Cuál es el impacto del SikaFume y cemento portland tipo V respecto a la permeabilidad del concreto poroso?

1.4. Justificación de la investigación:

Esta investigación justifica su relevancia en los ámbitos teórico, metodológico y práctico, al generar conocimiento significativo sobre el uso de aditivos y cementos especiales en el concreto poroso, establecer un procedimiento riguroso de evaluación, y ofrecer pautas y recomendaciones que promoverán la adopción de este material en proyectos de infraestructura urbana sostenible.

1.4.1. Justificación Teórica:

Esta investigación contribuye al enriquecimiento del conocimiento existente sobre el uso de aditivos como el SikaFume y el cemento Portland Tipo V para mejorar este tipo de concreto muy poco explorado. Si bien existen estudios previos que han analizado el impacto de estos materiales en el desempeño del concreto convencional, la literatura científica sobre su aplicación específica en mezclas de concreto poroso es aún limitada.

El concreto poroso es un material relativamente innovador que, gracias a su alta permeabilidad, ha ganado relevancia en el ámbito de la construcción sostenible y el manejo de aguas pluviales. Sin embargo, su menor resistencia mecánica respecto al concreto tradicional (convencional) sigue siendo una de sus principales limitaciones. Por lo tanto, es necesario profundizar en la comprensión de cómo la incorporación de aditivos como el SikaFume y el uso de cementos Portland de mayor resistencia pueden mejorar las características mecánicas y de durabilidad del concreto poroso.

Este estudio abordará esta brecha en el conocimiento, generando información teórica relevante sobre los mecanismos y efectos de estos materiales en el desempeño del concreto poroso. Los hallazgos contribuirán a ampliar la base de conocimientos sobre el diseño y desarrollo de este tipo de mezclas, lo cual es fundamental para promover su adopción y perfeccionamiento en la práctica constructiva.

1.4.2. Justificación Metodológica:

La metodología empleada en esta investigación, que incluye la evaluación sistemática de condiciones mecánicas y de durabilidad del concreto poroso a través de pruebas de

resistencia y permeabilidad, siguiendo los lineamientos establecidos en la metodología ACI-522R (2006). Esta norma proporciona un marco de referencia reconocido a nivel internacional para realizar el diseño, elaboración y caracterización de mezclas del hormigón poroso.

Al aplicar esta metodología de manera rigurosa y documentada, el estudio establecerá un procedimiento sólido y replicable que contribuirá al fortalecimiento de los métodos de evaluación de este material. Esto es especialmente relevante, dado que la caracterización del concreto poroso plantea desafíos técnicos particulares, debido a su alta porosidad y su diferente comportamiento al concreto tradicional.

Además, este proyecto incluye el análisis comparativo de un diseño patrón (sin aditivos) y los diferentes diseños propuestos, lo que permitirá determinar de manera sistemática el impacto de la incorporación de SikaFume y el uso de cemento Portland Tipo V en cuanto a sus propiedades del concreto poroso (hueco). Este abordaje metodológico riguroso generará información confiable y replicable, lo cual es fundamental para respaldar las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio.

1.4.3. Justificación Práctica:

Los hallazgos de esta investigación tendrán un impacto práctico significativo, ya que permitirán desarrollar pautas y recomendaciones en pro de la eficiente implementación del hormigón poroso en proyectos de infraestructura urbana y manejo de aguas pluviales.

La determinación de la mejor combinación de SikaFume y cemento Portland Tipo V, así como las proporciones y condiciones de mezcla óptimas, contribuirá a optimizar el trabajo del concreto poroso en términos de resistencia y durabilidad. Esto es fundamental para superar una de las principales limitaciones de este material, lo cual ha sido un obstáculo para su adopción más generalizada en la práctica constructiva.

Los aportes de esta investigación tendrán implicaciones positivas en el desarrollo de infraestructura urbana más sostenible. El concreto poroso, con su capacidad de permitir la infiltración del agua de lluvia, juega un papel clave en la gestión adecuada de las aguas pluviales, reduciendo los problemas de inundaciones y contribuyendo a la recarga de acuíferos. Por lo tanto, los resultados de este estudio contribuirán a promover soluciones constructivas

más eficientes y respetuosas con el medio ambiente. La utilización de bloques de concreto poroso como tapas de los drenajes pluviales puede ayudar a prevenir la obstrucción de los canales, garantizando así un flujo constante y eficiente de las aguas pluviales. (Tlatempa*, 2012). La utilización de estos bloques de concreto poroso como tapas de los drenajes pluviales asegura una solución robusta y de larga vida útil, minimizando la necesidad de mantenimiento y reemplazo frecuente. (Ganesh Prabhu Ganapathy A. S., 2019).

1.5. Limitación de la investigación

El proyecto tiene como limitantes diferentes aspectos a tomar en consideración como:

1.5.1. Disponibilidad y acceso a los materiales

La disponibilidad de cenizas volantes y humo de sílice puede variar según la ubicación geográfica y la industria local. Obtener una cantidad suficiente de estos materiales para llevar a cabo el proyecto puede ser un desafío, especialmente si se requiere una muestra representativa de diferentes fuentes o proveedores, por ello se toma en consideración el SikaFume.

1.5.2. Variabilidad de los materiales

Los materiales cementosos suplementarios pueden tener diferentes características y propiedades según su origen y proceso de producción. Esta variabilidad puede influir en los resultados del estudio y dificultar la generalización de los hallazgos. Es importante tener en cuenta esta variabilidad y tomar medidas para controlarla o mitigar su impacto en la investigación, para ello se define un proceso de ensayos previos de los diferentes agregados a tomar en cuenta (Caracterización de materiales mediante la norma NTP).

1.5.3. Tiempo y costo

Realizar un proyecto de investigación exhaustivo puede requerir un tiempo significativo y recursos financieros. La recolección de datos, el análisis y las pruebas de laboratorio desde la caracterización de materiales hasta la prueba de compresión y permeabilidad de las muestras obtenidas en laboratorio guiados por las normas ASTM, NTP y MTC; pueden llevar mucho tiempo y requerir equipos especializados. Además,

el costo asociado con la adquisición de los materiales y la realización de las pruebas también debe ser considerado.

1.5.4. Generalización de los resultados

Los resultados de un proyecto de investigación específico pueden estar limitados a las condiciones y parámetros particulares utilizados en el estudio. Extrapolar estos resultados a otras situaciones o contextos puede ser difícil y requerir estudios adicionales.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Evaluar la influencia de la adición del aditivo SikaFume y el cemento Portland tipo V en a la resistencia del concreto poroso.

1.6.2. Objetivos específicos

1. Registrar la influencia de la incorporación de SikaFume en la resistencia mecánica del concreto poroso al reducir el porcentaje de agua en un rango del 15 al 30%.
2. Comparar el soporte a la carga axial del concreto poroso con y sin aditivo SikaFume.
3. Comparar el soporte a la carga axial del concreto poroso con cemento Portland tipo V y el cemento (convencional).
4. Medir el índice de infiltración (permeabilidad) del concreto poroso con las diferentes proporciones de aditivo SikaFume y cemento portland tipo V.

1.7. Hipótesis

1.7.1. Hipótesis general

La adición del aditivo SikaFume y Portland tipo V en el concreto poroso tendrán un impacto positivo referente a su resistencia mecánica.

1.7.2. Hipótesis específicas

1. La adición de SikaFume en un rango del 15 al 30% de reducción de agua, no afectará negativamente la resistencia mecánica del concreto poroso.

2. La incorporación de SikaFume mejorará su resistencia mecánica en comparación con el concreto sin aditivo.
3. El uso de cemento Portland tipo V mejorará su resistencia mecánica en comparación con el cemento convencional.
4. La adición de SikaFume y cemento portland tipo V impactará positivamente referente a la tasa de infiltración del concreto poroso.

1.8. Descripción de variables

1.8.1. Variables independientes

1. Cantidad de aditivo SikaFume, ya que se propone utilizar en diferentes cantidades y/o proporciones relacionándolo directamente con el cemento y finalmente disminuir el porcentaje de agua en el diseño y preparación del concreto poroso que se propondrá.
2. Tipo de cemento; portland tipo V; se utilizará dentro de la investigación para la elaboración de un diseño de concreto poroso este tipo de cemento presenta una alta resistencia a sulfatos y será útil para la investigación por esa propiedad en particular, para poder variar la relación de a/c y variar el importe de agua.

1.8.2. Variables dependientes

1. Relación agua/cemento; Esta relación se refiere al porcentaje de agua requerida en la mezcla en relación con la cantidad de cemento. La relación agua/cemento tienen un impacto sobre las propiedades y el desempeño del concreto.
2. Resistencia mecánica del concreto poroso; para esta variable se tiene previsto medir la resistencia a la compresión ($f'c$), tracción por flexión (módulo de rotura) de las muestras obtenidas en el diseño de concreto poroso adicionando SikaFume y Cemento portland tipo V.
3. Características físicas de concreto poroso; esta variable se podrá interpretar mediante los ensayos de permeabilidad (infiltración) y el estudio de porcentaje (cantidad) de vacíos.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Ghufran et al. (2020), explora la posibilidad de utilizar Pavimento de Concreto Permeable (PCP) para la clarificación de aguas residuales como una solución en lugares donde la escasez de agua potable y la contaminación del suministro de agua son problemas. Se realizaron pruebas con diferentes mezclas de cemento para evaluar cómo el tamaño del agregado, la relación agua-cemento y el contenido de cemento afectan la resistencia a la compresión, porosidad y permeabilidad del PCP. Los resultados mostraron que el PCP con ciertas características permitía una eficiente eliminación de contaminantes, como la demanda química de oxígeno (DQO) y la demanda biológica de oxígeno (DBO), alcanzando tasas de remoción máxima del 54% y 68%, respectivamente. En general, esta investigación sugiere que el PCP podría ser una solución viable para tratar aguas residuales en áreas con problemas de agua potable y contaminación.

Roberto Rodríguez et al. (2021), realizaron un estudio donde se analiza el uso de materiales de desecho porosos como depósitos de agua para el curado interno del hormigón. Resume los hallazgos de más de 100 publicaciones científicas y examina la influencia de diversos materiales porosos derivados de desechos en las propiedades del concreto, como consistencia, hidratación, fraguado, microestructura, densidad, resistencia, módulo de elasticidad, deformación autógena, contracción por secado y durabilidad. El artículo también proporciona recomendaciones generales para la caracterización adecuada de materiales porosos a base de residuos y el diseño de mezclas. La capacidad de absorción y desorción de agua se identifica como un factor clave que define la eficiencia de los depósitos de aguas residuales propuestos para el curado interno. El contenido sugiere que el uso de tales materiales no sólo puede reducir los costos ambientales y económicos sino también mejorar el desempeño técnico del concreto.

Ganesh (2023), en su artículo publicado se enfoca en el uso de materiales cementosos suplementarios (SCM), como las cenizas volantes (FA) y el humo de sílice (SF), El VPC combina plantas con un medio de hormigón poroso que permite que el agua, el aire, el suelo y las raíces se muevan libremente. Verifica que la inclusión de FA disminuyó la resistencia a la compresión debido a una menor actividad de los agregados gruesos con la matriz de cemento,

mientras que el SF mejoró la resistencia gracias a una reacción puzolánica acelerada. Además de demostrar que es una alternativa muy amigable con el medio ambiente.

Villanueva (2020), analizó el comportamiento respecto a las diferentes cantidades de agregado fino en la elaboración del concreto y como estas influyen respecto a su permeabilidad, de las cuales se obtuvo como información que: utilizando el 15% de A.F. se obtuvo un módulo de rotura (M.R.) de 3.25 MPa (32.5 kgf/cm²), la cual se considera adecuada para pavimentos especiales indicado por el ACI 522R. La integración del A.F. mejoró notablemente las características mecánicas del concreto. Al utilizar este aporte en % de agregado fino, se redujo la cantidad de huecos (infiltración) del concreto a un valor de 2.18 mm/s, lo que implica una disminución en la capacidad de la estructura para acceder que el agua fluya en su interior.

Pingping Luo (2022), realizó el estudio de cómo Modificar el diseño de ladrillos porosos con cámara de aire (ITPB) como parte de las medidas de desarrollo de bajo impacto (LID) y como este puede mejorar la capacidad del pavimento para prevenir inundaciones urbanas. Se utilizaron ladrillos de hormigón absorbente (AC) con diferentes concentraciones de polímeros superabsorbentes (SAP) para adsorber agua, y se observó una variación en la conductividad hidráulica según el tipo de AC. Se utilizó el Modelo de Gestión de Aguas Pluviales (SWMM) para simular cómo el ITPB influye en las inundaciones urbanas. Con un período de retorno de 100 años, se logró reducir el caudal máximo de entrada en las redes de drenaje y permitir la infiltración de aguas pluviales en áreas con baja permeabilidad, como la arcilla, gracias al pavimento ITPB. Esto sugiere que puede ser una solución efectiva para mitigar inundaciones urbanas en zonas arcillosas.

Hariyadía (2015), exploró la utilización de piedra pómez volcánica como reemplazo de agregado en el hormigón poroso para mejorar su porosidad sin sacrificar en gran medida la resistencia., utilizando diferentes proporciones de piedra pómez volcánica como reemplazo de agregado y la relación entre agregado y cemento, manteniendo constante la relación agua-cemento. Los resultados mostraron que al usar piedra pómez volcánica, la porosidad aumentó y el módulo de elasticidad disminuyó, con una ligera disminución en la resistencia. Identificó el potencial de usar este tipo de hormigón poroso de piedra pómez volcánica como estructuras absorbentes de energía de impacto, aunque se requiere investigación adicional, especialmente en pruebas dinámicas e impacto.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Concreto Poroso:

El concreto permeable se caracteriza por su composición porosa, por ende, la presencia de vacíos, a pesar de tener una composición similar al concreto convencional. La inclusión de un porcentaje de A.F. puede optimizar el balance entre las características mecánicas y el índice de infiltración del material.

La resistencia a la carga axial generalmente varía de 28 a 210 kgf/cm², la cantidad vacíos debido a la ausencia del material fino puede alcanzar entre 15% y 35% de vacíos y los valores de permeabilidad están entre 1.4 y 12.2 mm/s de acuerdo al (ACI-522R, 2006).

Figura 1

Modelo del Concreto Poroso (Permeable).



Nota: Ejemplificación del concreto poroso (permeable). (ACI522- 2010), donde se muestra como el agua atraviesa por medio de su estructura porosa, permitiendo que el agua fluya desde la parte superior hasta la base.

Este tipo de concreto tiene como característica el reducir los problemas de estancamiento e inundaciones que suelen ocurrir anualmente en ciudades con altos niveles de precipitaciones pluviales.

Pero también es una limitación su uso en zonas altamente transitadas debido a que los pavimentos permeables tienen una resistencia a la compresión inferior que no son tan apropiados para soportar cargas de tráfico intenso.

2.2.2. Estructura del concreto Poroso.

2.2.2.1. Agregado grueso:

Constituye la mayor parte del volumen del concreto, se compone de arenas de roca molida llamada también (casquijo) natural con tamaños superiores a 4.75 mm (retenidos en el tamiz N° 4). La calidad de este agregado grueso es crucial para conseguir resultados adecuados en las estructuras de concreto, ya que es uno de los principales componentes del material. Para dicha caracterización se toma en cuenta las siguientes normativas especificadas en la tabla 1.

Tabla 1

Normativas para realizar la caracterización del agregado grueso.

ENSAYOS DE:	NORMATIVA	
	ASTM	NPT
Porcentaje de Humedad	C 566	339.185
Granulometría	C136	400.012
Abrasión los ángeles	C 131	400.019
P. Unit. Suelto y Varillado	C29	400.017
P. Esp. y % Absorción	C127	400.021

Nota: Listado de normativas que respaldan los diferentes ensayos para el proceso de caracterización del agregado grueso; es importante mencionar que estas normas se deben contrastar para establecer un formato de evaluación en el laboratorio.

Las series más comunes de A.G. utilizadas en concreto poroso son de los tamaños – Husos granulométricos 7 (1/2" a N° 4), 8 (3/8" a N° 8), 67 (3/4" a N° 4) y 89 (3/8" a N° 16). Al preparar estas mezclas, es crucial verificar el % humedad y % de absorción del agregado, ajustando el importe de H₂O para lograr la condición de saturación superficialmente seca (SSS) según él. (ACI-522R, 2006). Si el agregado está demasiado seco, la mezcla carecerá de la trabajabilidad necesaria para su implementación. Por el contrario, si los agregados tienen mucha agua, puede provocar que la pasta del concreto se derrame.

2.2.2.2. Agregado fino:

Se constituye de arenas gruesa y fina; partículas menores a 4.75 mm que (pasan en el tamiz N° 4). Las características este agregado es fundamental para obtener y/o conseguir resultados adecuados en las estructuras de concreto, ya que un alto porcentaje de este agregado aumenta la capacidad de soporte a la carga axial del concreto poroso, pero disminuye su índice de infiltración. Para dicha caracterización se toma en cuenta las siguientes normativas especificadas en la tabla 2.

Tabla 2

Normativas para realizar la caracterización del agregado fino.

ENSAYOS DE:	NORMATIVA	
	ASTM	NPT
Porcentaje de Humedad	C 566	339.185
Granulometría	C136	400.012
P. Unit. Suelto y Varillado	C29	400.017
P. Esp. y % Absorción	C127	400.022

Nota: Listado de normativas que respaldan los diferentes ensayos para el proceso de caracterización del agregado fino; es importante mencionar que estas normas se deben contrastar entre la ASTM y la NTP para establecer un formato de evaluación en el laboratorio.

Las series determinadas para la realización de los ensayos en el A.F. son los requerimientos granulométricos: Tamiz 9.5 mm (3/8") que pasa 100%, del 4.75mm (N°4) que pasa del 95-100%, del 2.36 mm (N°8) que pasa del 80-100%, del 1.18 mm (N°16) que pasa del 50-85%, del 4.75mm (N°4) que pasa del 95-100%, del 600 µm (N°30) que pasa del 25-60%, del 300 µm (N°50) que pasa del 5-30%, del 150 µm (N°100) que pasa del 0-10%, del 75 µm (N°200) que pasa del 0-3%.

2.2.2.3. Cemento:

Compuesto en polvo que, al juntarlo con agua en proporciones adecuadas, de como resultado una pasta que se endurece tanto en agua como en aire. La producción de cemento implica moler materiales calizos y arcillosos, mezclarlos en ciertas proporciones y calcinarlos a altas temperaturas. Este proceso hace que los materiales se fundan parcialmente y se formen bolas llamadas Clinker. Después de haberse enfriado,

se agrega yeso procediendo a ser molido hasta obtener un polvo homogéneo; a este producto final se le llama cemento Portland.

2.2.2.4. Cantidad de agua:

Es fundamental para la elaboración de este tipo de concreto, y se hace referencia a ella a través de la relación del agua entre el cemento. Esta relación determina si se lograrán las propiedades de plasticidad y resistencia necesarias. En la mezcla de concreto, la cantidad de agua debe proporcionar la trabajabilidad adecuada para mejorar su elaboración. Una vez endurecido, el agua debe conferir las condiciones y/o características con las cuales ha sido elaborado.

2.2.2.5. Aditivos:

De acuerdo con la norma NTP 339.047. “Los aditivos químicos son productos que, cuando se agregan en pequeñas cantidades permiten mejorar ciertas características en el concreto. La NTP 334.088 identifica ocho diferentes tipos de aditivos que pueden ser añadidos al diseño de mezcla realizado.

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Asentamiento (*Slump*):

La consistencia, determinada mediante la prueba de asentamiento según la norma técnica peruana (NPT-339.035, 2009), hace referencia a la humedad de una mezcla y al nivel de fluidez del concreto. Cuanto más húmeda sea la mezcla, más fácilmente fluirá el concreto durante su colocación. La prueba más comúnmente utilizada para medir el asentamiento es del Cono de Abrams.

Tabla 3

Rangos de estabilidad para el Asentamiento

FIRMEZA	UNIDAD (mm)
Seco Extremo	"---"
Muy Seco	"---"
Seco	0 a 25
Plástico Seco	25 a 75
Plástico	75 a 125
Muy Plástico	125 a 190

Nota: Recuperado y adaptado del (ACI-116R, 2020), donde se establece los rangos de clasificación para el asentamiento del concreto fresco.

Figura 2

Ensayo de asentamiento - Slump



Nota: Mediante este ensayo se muestra de la medición del asentamiento del concreto, cuanto este se desplaza respecto a la forma del como que lo contiene en estado fresco.

En esta prueba, se coloca y compacta (sistema de apisonado para realizar una compactación muy ligera, ligera y fuerte); la mezcla en un recipiente con forma de cono truncado. Luego, se retira el recipiente y se mide la altura desde la parte superior del recipiente (posición inicial), hasta la nueva altura en la superficie del concreto. Esta distancia medida se conoce como asentamiento o slump, y proporciona una indicación de la consistencia del concreto y su capacidad para fluir.

2.3.2. *Peso Unitario y Porcentaje de vacíos (Concreto fresco):*

Para poder establecer y/o determinar estos valores del concreto poroso en estado fresco se toma como referencia la (NPT-339.230, 2010) y (ASTM C 1688) esto implica situar una porción de la mezcla en capas dentro de un molde de medida predeterminada. Cada capa se compacta con determinado número de golpes, utilizando un martillo Marshall o Proctor estándar.

$$D = \frac{M_c - M_m}{V_m} \quad (1)$$

Donde D representa la densidad o peso unitario, M_c la masa del concreto con el receptáculo, M_m la masa del receptáculo y por último V_m representa el volumen del receptáculo.

$$T = \frac{M_s}{V_s} \quad (2)$$

De donde se denota a T como la densidad teórica, M_s representa la masa del sólido y V_s el volumen del sólido.

$$U = \frac{T - D}{T} 100 \quad (3)$$

Para la determinación del contenido de vacíos se denota a U

2.3.3. *Peso Unitario y Porcentaje de vacíos (Concreto endurecido):*

Se siguen varios pasos descritos en la (NTP-339.238, 2018). Primero se determinan las dimensiones (base y la altura) de la muestra (probeta) de concreto, luego se seca la probeta hasta alcanzar una masa constante y se registra su masa en el aire, y luego se introduce en H_2O para determinar el volumen de los sólidos, y también se registra la masa en el agua. Estos datos permiten calcular su peso unitario y su porcentaje de vacíos.

$$f = \frac{KA}{D^2L} \quad (4)$$

Donde f' representa la densidad del concreto en estado seco o endurecido, A la masa en estado seco de la muestra (gr.), D es el promedio del diámetro de la muestra (mm.), L resulta del promedio en la altura de la muestra (mm.) y K asume el valor de 1273240 en unidades SI.

$$\lambda = \left[1 - \left(\frac{k(A - B)}{\rho_w D^2 L} \right) \right] 100 \quad (5)$$

En la fórmula λ representa el contenido de vacíos del concreto en estado endurecido en %, B representa a la masa de la muestra sumergida en agua (gr.) y ρ_w es la densidad del agua (kg/m^3).

2.3.4. Resistencia a la compresión:

El soporte a la carga compresiva es la medida más comúnmente manejada para la elaboración e inspección de diferentes estructuras a base de concreto. Para determinarla, se lleva a cabo un ensayo que contempla romper una serie de muestras cilíndricas (llamadas probetas) en una prensa hidráulica, conforme la (NPT-339.034, 2015). Las probetas se ensayan a una edad específica, que generalmente se considera de 7, 14, 21 y 28 días para fines de investigación y aceptación.

$$f'c = \frac{Fa}{A} \quad (6)$$

En donde $f'c$ refiere a la resistencia a la carga axial, Fa representa la carga máxima aplicada y A el área de la muestra.

Figura 3

Equipo - Prensa Hidráulica

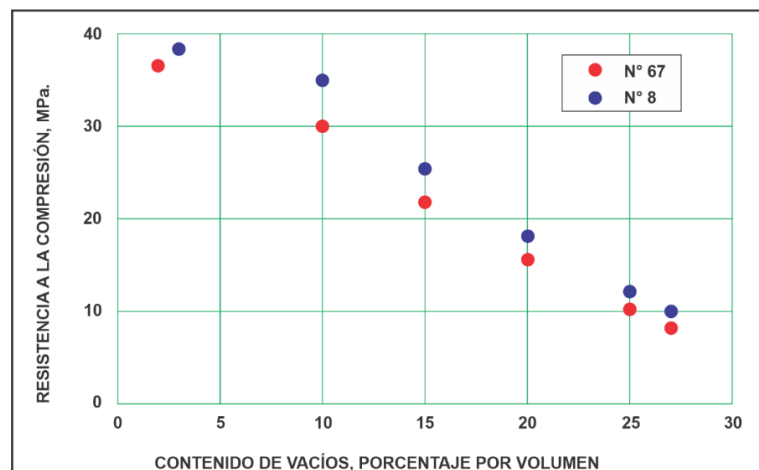


Nota: Máquina (Prensa hidráulica) con visores de presión para realizar los ensayos de resistencia a la compresión.

En la figura 4 podemos observar la variación de la resistencia a la compresión respecto a la cantidad (porcentaje) de vacíos de un concreto poroso según el ACI 522R.

Figura 4

Resistencia a la Compresión (MPa.) vs Contenido de Vacíos (%).



Nota: Se entiende de la figura que se evalúa dos Husos granulométricos las cuales muestran que a medida que disminuye el % de vacíos, aumenta la resistencia a la carga axial; por ejemplo, para un agregado que se encuentra dentro del huso N° 67, a 25% de vacíos este puede llegar a obtener 10MPa (100 kgf/cm² aprox.) de resistencia a la carga axial a los 28 días.

2.3.5. Resistencia a la flexión (Módulo de rotura – MR):

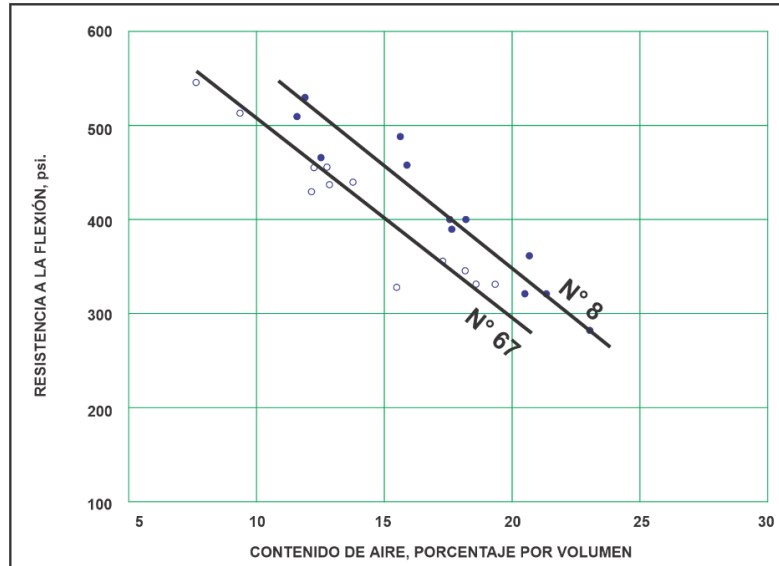
La resistencia a la flexión, también conocida como módulo de rotura, es una característica del concreto para soportar cargas de tracción cuando se somete a flexión. Conforme estipula el (RNE-CE.010, 2010). Este parámetro se determina mediante un ensayo en el cual se carga una viga de concreto en los tercios de su luz. Este mismo ensayo está contemplado en la (NTP-339.078, 2012).

$$MR = \frac{PL}{bh^2} \quad (7)$$

Donde MR representa el módulo de rotura (kg/cm^2), P simboliza la carga máxima aplicada (kg), L al espacio libre entre sus apoyos (cm), mientras que b representa el ancho promedio de la viga en el área de falla (cm) y h a la altura promedio de la viga en la sección de falla (cm).

Figura 5

Resistencia a la tracción VS Contenido de aire (%).



Nota: Recuperado de “Pervious concret for paving” (Meiniger,1998). Donde se muestra que a menos contenido de vacíos el módulo de rotura es mayor.

Tabla 4*Requisitos mínimos en pavimentos especiales.*

ELEMENTO	TIPO DE PAVIMENTO		
	ACERAS	PASAJE PEATONAL	COCLOVÍA
Sub - rasante		95% de compactación Suelos granulares - Proctor Modificado Suelos cohesivos - Proctor Estándar	
Base		Espesor compactado \geq 150 mm	
Asfáltico		CBR \geq 30 mm	CBR \geq 30 mm
Concreto Portland		\geq 30 mm	
Adoquines		\geq 100 mm	
Asfáltico	\geq 40 mm (Se deberán apoyar sobre una cama de arena fina, de espesor comprendido entre 25 y 40 mm.	Concreto asfáltico *	
Concreto Portland		$f'c \geq$ 17.5 MPa (175 kg/cm ²)	
Adoquines	$f'c \geq$ 32 MPa (320 kg/cm ²)		N.R.**

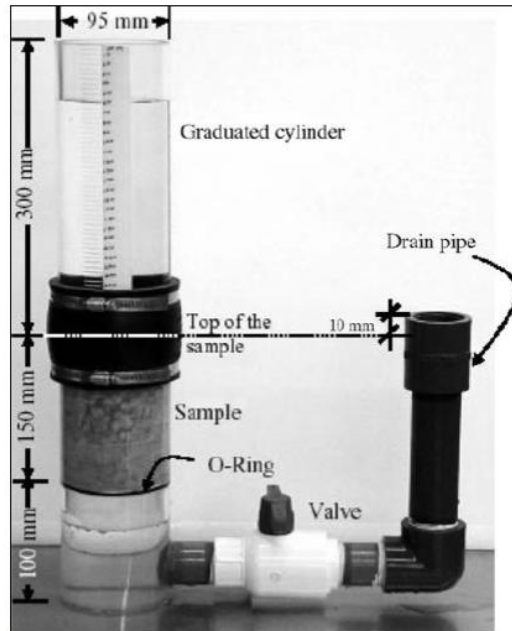
Nota: Según la Norma (RNE-CE.010, 2010), para los pavimentos elaborados de “concreto” se confía un valor de $f'c$ de 175 kg/cm² como requisito mínimo para ser aceptado e implementado para: ciclovías, pasos peatonales y aceras o veredas.

2.3.6. Permeabilidad (Índice de infiltración):

Se refiere a la particularidad de permitir el paso del agua por su interior, lo cual está relacionado con la cantidad de vacíos en la estructura material. Conforme la normativa (ACI-522R, 2006) donde se señala que “La tasa de infiltración de los pavimentos obedece al tamaño del agregado utilizado, la densidad del concreto y los valores de permeabilidad están en un rango de 0.14 a 1 cm/s”.

Figura 6

Permeámetro de carga variable para mediciones de infiltración.



Nota: Recuperado del (ACI-522R, 2006), la figura muestra los siguientes componentes: Tubo superior de PVC, tubo inferior de PVC (porta probeta), tapón inferior de 4", reductor de 2" a 1.5", válvula check (apertura y cierre), codo de 1.5 de PVC, tubo de 20 mm X 1.5" de PVC, sellos de o-ring de jebe, cinta métrica de 40 cm aprox.

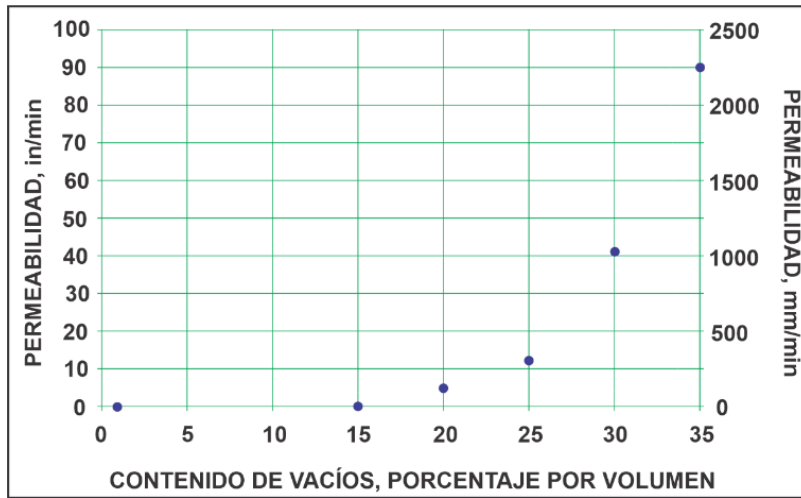
$$\nabla = \left(\frac{L}{t}\right) \left(\frac{a}{A}\right) \ln \left(\frac{h1}{h2}\right) \quad (8)$$

Donde ∇ representa la tasa de infiltración, L a la longitud de la muestra a ensayar, t representa el tiempo requerido para descender de $h1$ hasta $h2$, a simboliza el área de la muestra a ensayar; A el área del cilindro de acrílico, $h1$ simboliza la altura superior del agua y el $h2$ la altura inferior del agua.

En la figura 7 presentada se entiende que a medida que aumenta el contenido de vacíos en el concreto permeable, se pueden obtener mayores niveles de infiltración. Además, el (ACI-522R, 2006), indica que "Una cantidad que esté por debajo del 15% de vacíos no proporciona una adecuada filtración mediante la muestra ensayada".

Figura 7

Permeabilidad (in/min) vs contenido de vacíos (%).



Nota: La Norma (ACI-522R, 2006) menciona ciertas aproximaciones como: Un concreto con 25 % de vacíos interconectados puede tener un índice de infiltración de 300 mm/mín. (5 mm/s) aproximadamente.

2.3.7. Diseño de mezcla de concreto permeable (ACI 522R):

Antes de realizar los prototipos del concreto poroso es importante haber definido el importe (%) de vacíos y la relación del agua entre el cemento que se utilizará. El contenido (%) de vacíos se establece referencia a los requerimientos de resistencia o permeabilidad deseada. Tal como se observa en las figuras previas, en donde se visualiza gráficamente que a menor cantidad de vacíos permite obtener mayor resistencia, pero esto conlleva a una disminución de la permeabilidad (ACI-522R, 2006).

En la elaboración de un concreto tradicional la relación agua/cemento se define de acuerdo a la resistencia deseada o a la trabajabilidad requerida para su respectiva colocación, A diferencia del concreto permeable la relación agua/material cementante se define a base de la estabilidad de la pasta. Esto es crucial para asegurar que la pasta no fluya hacia la parte inferior del molde, lo que permitiría obtener una estructura porosa característica de este tipo particular de concreto.

Según la (ACI-522R, 2006), nos comparte un método sencillo para realizar un diseño de concreto permeable (poroso), el cual consiste en seguir los siguientes pasos:

1. Definir la masa del agregado (E):
2. Establecer la masa del agregado en condición SSS (\ddot{E}):
3. Definir el porcentaje de la pasta (Pp %):
4. Establecer la masa del cemento (c):
5. Establecer la masa del agua (a):
6. Definir su volumen sólido (Vs):
7. Cotejar la cantidad de vacíos (Y %):

Tabla 5

Rangos característicos de proporciones para concreto permeable.

DESCRIPCIÓN	Rangos kg/m ³
Material cementante a utilizar	270 a 415
Agregado a utilizar	1190 a 1480
Relación del a/c, por masa	0.27 a 0.34
Relación agregado: cemento, por masa	4 a 4.5:1
Relación finos: agregado grueso, por masa	0 a 1:1

Nota: Extraído y adaptado de “Reporte de concreto permeable”. (ACI-522R, 2006), donde se muestra en promedio los valores para la elaboración del concreto poroso.

2.3.7.1. Definir el peso del agregado:

Se empleará el valor de densidad unitaria de los agregados reforzados, el cual se multiplicará con el factor b/b_0 ; cuyo factor se obtiene de la tabla 6 recomendada por el ACI 522R. donde hace referencia a varias proporciones de agregado fino y grueso.

Tabla 6

Valores efectivos b/b_0 .

PORCENTAJE DE AGREGADO FINO	b/b_0	
	ASTM C33/C33M Tamaño N° 8	ASTM C33/C33M Tamaño N° 67
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

Nota: Extraído de “Reporte de concreto permeable” (ACI-522R, 2006). Donde indica el valor del factor de b/b_0 de acuerdo al porcentaje de agregado fino requerido en el diseño.

Para obtener la masa del agregado grueso se utiliza la siguiente formula:

$$E = \bar{E} \left(\frac{b}{b_0} \right) \quad (9)$$

Donde E representa la masa del agregado grueso, \bar{E} simboliza al peso unitario varillado o compactado.

2.3.7.2. Establecer la Masa del agregado en condición SSS:

Para lograr el ajuste del peso del agregado en condición SSS (Saturado Superficialmente Seco), se aplicará un procedimiento específico. Este consiste en agregar al peso del agregado el resultado obtenido al multiplicarlo por el porcentaje de absorción correspondiente. De esta manera, se garantiza que el agregado se encuentre en las condiciones óptimas de saturación superficialmente seca. Para llevar a cabo esta operación, se utilizará la siguiente fórmula precisa y establecida para tal propósito:

$$\ddot{E} = E \left(1 + \frac{\%Abs}{100} \right) \quad (10)$$

Donde \ddot{E} representa la masa del agregado grueso en condición SSS y Abs . A la absorción del agregado grueso.

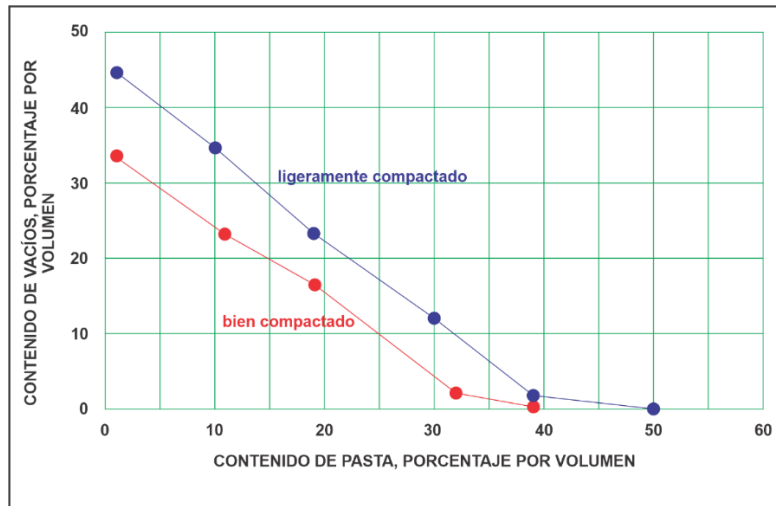
2.3.7.3. Establecer el porcentaje de la pasta:

la Figura 8 permite a los ingenieros determinar de manera preliminar la cantidad aproximada de pasta cementante en el concreto poroso. Esta figura se basa en el contenido de vacíos referente al porcentaje del volumen de la mezcla y el nivel de compactación.

Para la interpretación de esta figura se traza una línea horizontal desde el eje vertical según el contenido de vacíos requerido, el cual debe intersectar el nivel de compactación que se requiere (ligeramente o bien compactado), desde este punto de intersección se debe trazar una línea vertical para poder determinar el contenido de pasta sugerido y/o recomendado según el gráfico.

Figura 8

Contenido de pasta vs % de vacíos (Agregado de tamaño N°8).



Nota: Extraído de “Reporte de concreto permeable” (ACI-522R, 2006). Muestra dos tendencias (Ligeramente compactado y bien compactado); por ejemplo, para un concreto fresco bien compactado con un contenido de vacíos del 25% le correspondería el 8 % de la pasta respecto al volumen total.

2.3.7.4. Establecer su Masa del cemento:

La pasta cementante está conformada por: El cemento, el agua para la mezcla y el aditivo (si se utiliza). Entonces se entiende que; si se conoce el porcentaje de la pasta, la relación agua/cemento, la dosis del aditivo y las características de los materiales, es factible establecer la masa del cemento utilizando una fórmula según el ACI 522.

$$c = (Vp * \rho a) / \left[\left(\frac{1}{GEC} \right) + \left(\frac{a}{c} \right) + \left(\frac{\% ad}{100 * GEad} \right) \right] \quad (11)$$

Donde c simboliza la masa del cemento, Vp al volumen de la pasta, ρa es la densidad del H_2O , GEC representa la gravedad específica del cemento, a/c es la relación proporcional entre el agua y el cemento, $\%ad$ representa al porcentaje del aditivo respecto al cemento y $GEad$ representa la gravedad específica del aditivo.

La ecuación 11 deriva de lo proporcionado por el (ACI-522R, 2006), donde se indica que: El volumen de la pasta = volumen del cemento + volumen del agua; de esta igualdad se puede adaptar para un escenario donde se usa un aditivo, en este caso el SikaFume; para establecer la fórmula 11 se siguieron los siguientes pasos:

- 1- Establecer las igualdades previas con relación al agua y al aditivo.

$$a = \left(\frac{a}{c}\right) c$$

$$Ad = c \left(\frac{\%Ad}{100}\right)$$

- 2- Establecer la igualdad del volumen de la pasta, respecto al cemento agua y aditivo.

$$V_p = V_c + V_a$$

$$V_p = V_c + (V_a + V_{Ad})$$

$$V_p = \frac{c}{(GE_c * \rho a)} + \frac{a}{(\rho a)} + \frac{Ad}{(GE_{Ad} * \rho a)}$$

- 3- Reemplazar las igualdades previas en el desarrollo de la ecuación

$$V_p = \frac{c}{(GE_c * \rho a)} + \frac{\left(\frac{a}{c}\right) c}{(\rho a)} + \frac{c \left(\frac{\%Ad}{100}\right)}{(GE_{Ad} \rho a)}$$

$$V_p = \frac{c}{(\rho a)} \left[\frac{1}{(GE_c)} + \left(\frac{a}{c}\right) + \frac{(\%Ad)}{(100 GE_{Ad})} \right]$$

- 4- Establecer la ecuación final para determinar el peso del cemento en el diseño de mezcla contemplando el aditivo SikaFume.

$$c = (V_p * \rho a) / \left[\frac{1}{(GE_c)} + \left(\frac{a}{c}\right) + \frac{(\%Ad)}{(100 * GE_{Ad})} \right]$$

2.3.7.5. Establecer la Masa del agua:

Luego de determinar la masa del cemento y establecer la relación a/c , se puede hallar la masa del agua, utilizando la fórmula.

$$a = \left(\frac{a}{c}\right) c \quad (12)$$

Donde a representa a la masa del agua.

2.3.7.6. Definir su Volumen del sólido:

El volumen sólido se calcula mediante la suma de los volúmenes individuales de cada material. Los volúmenes de los diferentes componentes que conforman la mezcla de concreto permeable se determinan a partir de las masas previamente halladas y de las relaciones establecidas entre las propiedades físicas de los materiales. Por lo tanto, la expresión matemática para calcular el volumen sólido es:

$$Vs = Vag + Vc + Vad + Va \quad (13)$$

Donde Vs simboliza el volumen total del sólido, Vag es el volumen del agregado grueso, Vc el volumen del cemento, Va representa el volumen del agua y Vad el volumen del aditivo.

2.3.7.7. Cotejar la cantidad de vacíos:

Habiendo determinado el volumen sólido del concreto permeable, se procede a calcular el porcentaje del contenido de vacíos alcanzado en el diseño (%). El cual se mediante:

$$Y(\%) = \left(\frac{Vt - Vs}{Vt}\right) 100 \quad (14)$$

Donde $Y(\%)$ representa al porcentaje de vacíos del diseño, Vs simboliza el volumen del sólido (m^3), mientras que Vt representa el volumen total en (m^3).

2.4. Definición de términos básicos

2.4.1. Aditivo:

El aditivo es una composición química que, al adicionarlos en pequeñas cantidades en el concreto, este tiende a favorecer sus características y/o dotarlo de características particulares (NTP-339.047, 2019).

2.4.2. Agregado grueso:

Se aplica a todo material retenido en la malla del tamiz N.º 4 y que acata los parámetros establecidos en la Norma (NPT-400.037, 2018), derivado de la disgregación (separación) por fuentes naturales o artificiales de la roca (NTP-400.011, 2008).

2.4.3. Cemento Pórtland:

Este material se produce moliendo finamente el Clinker de cemento, y que normalmente contiene sulfato de calcio como un aditivo durante la molienda (ACI-116R, 2020).

2.4.4. Concreto:

El concreto se compone de un material aglutinante, dentro del cual generalmente se encuentra una combinación de arena fina y gruesa y en el caso particular del material cementante tipo Pórtland, el aglutinante es la mezcla del material cementante y el agua, constituyendo así la composición fundamental de este tipo de concreto (ACI-116R, 2020).

2.4.5. Concreto permeable:

Es aquella estructura que tiene suficientes vacíos entre el 15 y el 30 % aproximadamente interconectados internamente, lo que le confiere un alto índice de infiltración (ACI-522R, 2006).

2.4.6. Contenido de vacíos:

También llamado porosidad, cuya relación resulta de la relación entre el volumen total y el volumen de huecos, tomando en cuenta el aire atrapado y retenido, expresada como un %; de acuerdo al (ACI-522R, 2006).

2.4.7. Módulo de rotura (MR):

Es una magnitud resultante del soporte de la muestra ensayada a la tracción por flexión, este resulta de realizar el ensayo de la viga cargada en los tercios (RNE-CE.010, 2010).

2.4.8. Relación agua/cemento (a/c):

La relación agua-cemento (a/c) es la proporción, expresada como un valor numérico, entre el volumen de agua y el volumen de cemento utilizado en la mezcla de concreto. Esta relación es un factor clave que influye en las propiedades y la calidad del concreto, cuya relación está en el rango de 0.27 a 0.34 (ACI-522R, 2006).

2.4.9. Resistencia:

La resistencia es el término general que se refiere a la capacidad de para soportar las fuerzas de tensión o de ruptura aplicadas desde el exterior sin fallar o fracturarse (ACI-116R, 2020). La NTP 339.034, indica que esta resistencia resulta de ensayos en probetas cilíndricas.

2.4.10. Resistencia a la compresión:

La resistencia a la compresión es la máxima resistencia de una muestra de concreto o mortero a la carga de compresión axial, expresada como una fuerza por unidad de área de la sección transversal. También se refiere a la resistencia especificada utilizada en los cálculos de diseño (ACI-116R, 2020).

2.4.11. Resistencia a la flexión:

Para una estructura de concreto sin refuerzo (sin acero), la resistencia a la flexión es la tensión a la cual el concreto alcanza el módulo de rotura “MR” (ACI-116R, 2020).

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga en los tercios de la luz de la viga de concreto hasta que ocurra la falla. El módulo de rotura se calcula en función de la ubicación de la falla: si esta se produce dentro del tercio medio de la luz, o a una distancia no mayor al 5% de la luz libre fuera del tercio medio (NTP-339.047, 2019).

2.4.12. Tasa de infiltración (permeabilidad):

Es el porcentaje de agua que fluye mediante la estructura porosa. Esta depende directamente de la cantidad de vacíos y según la normativa debería tener un valor mínimo de 1.4 mm/s; siendo una característica particular del concreto poroso (ACI-522R, 2006).

III. METODOLOGÍA

3.1. Diseño metodológico

3.1.1. *Tipo de Investigación:*

La metodología utilizada es la científica, con un enfoque aplicado la cual según: Tamayo (2003), indica que la investigación aplicada resulta del estudio y la implementación a interrogantes concretas.

La presente investigación utilizó un enfoque aplicado donde se requiere resolver problemas existentes mediante métodos establecidos por diferentes normas como la norma técnica peruana NTP, contribuyendo a parte de la solución respecto a la falta de estudio sobre la caracterización de agregados finos y gruesos pertenecientes a la localidad, los cuales son parte importante en la elaboración del concreto poroso en la zona de la sierra central - Tayacaja – Pampas.

Hernández (2014), menciona que, respecto a los datos, la investigación de enfoque cuantitativo es en la cual se plantea un problema en particular, tomando en cuenta el análisis de teorías, caracterizado por el uso de números, siendo limitado y teniendo un objetivo claro, utiliza mediciones estadísticas para verificar su confiabilidad y se pueda probar su teoría.

La presente investigación contiene un enfoque cuantitativo orientado a determinar la calidad (propiedades y características) de los materiales, cuyos resultados obtenidos en los diferentes ensayos serán medidos numéricamente.

3.1.2. *Nivel de investigación:*

Hernández (2014), define que un nivel descriptivo refiere que el investigador recoge la respectiva información sobre las propiedades y características más relevantes del objeto de estudio, con la finalidad de suministrar una data precisa sobre los hechos observados. Por ende, este trabajo busca obtener datos confiables de los diferentes ensayos la cual nos permite describir las características más relevantes por medio de la caracterización de agregados de acuerdo a la normativa vigente.

3.1.3. *Diseño de la investigación.*

La presente investigación se clasifica como experimental-cuasiexperimental.

En un estudio experimental, la variable independiente es de suma importancia ya que es considerado como la posible causa del efecto y/o resultado que se busca observar (variable dependiente). Para obtener pruebas de esta relación de causa y efecto, el investigador modifica o manipula la variable independiente, es decir, le asigna o varía diferentes valores, y luego observa si la variable dependiente varía en consecuencia. De esta manera, el investigador busca establecer el dominio de la variable independiente sobre la variable dependiente (Hernández, 2014, pág. 130).

En esta investigación, siendo de manera experimental ya que implica la caracterización de diferentes tipos de agregados y evalúa su influencia teórica en las propiedades del concreto poroso, a la vez que permite observar los efectos de las variables manipulables por separado y en combinación de las mismas.

3.2. Población y muestra

3.2.1. *Población*

La población es aquel grupo de todos los casos que coinciden con determinadas especificaciones y/o características. Por ello es importante delimitar los parámetros de la investigación (Hernández, 2014).

La población de interés para este estudio está conformada por las diferentes combinaciones de mezclas de concreto poroso, que incluyen el concreto poroso ordinario, así como aquellas que contienen el aditivo SikaFume y el cemento Portland tipo V, y que presentan características similares a las utilizadas en esta investigación.

3.2.2. *Muestra*

La muestra es una porción de la población de donde se espera que este subgrupo sea representativo (Hernández, 2014).

Para el presente proyecto, está compuesta por un total de 135 probetas cilíndricas, las cuales representarán nueve diseños diferentes de mezclas. Estos diseños incluirán dos diseños de concreto permeable básico (sin finos, ni aditivos) para el 30%

de vacíos y 22% de vacíos respectivamente, y 07 diseños de concreto permeable que contarán con el aditivo SikaFume, el cemento Portland tipo V y la reducción correspondiente en la relación agua sobre el cemento (a/c).

Tabla 7

Cantidad de probetas para la investigación.

DISEÑOS	SIKAFUME	PARA (f'c)	PARA PERMEABILIDAD (mm/s)	PARA P.U. y % VACÍOS
M-PT01 (P)	--	12	3	3
M-PT02	Con SikaFume	12	3	3
M-PT03	Con SikaFume	12	3	3
M-PT04	Con SikaFume	12	3	3
M-PT05	Con SikaFume	12	3	3
M-PT06 *	Con SikaFume	12	3	3
M-PT07 (P)	--	12	3	3
M-PT08	Con SikaFume	12	3	3
M-PT11	Con SikaFume	12	3	3

Nota: Se muestra los diferentes diseños requeridos para realizar los ensayos como: Peso unitario fresco y endurecido, además de la resistencia a la compresión, y la permeabilidad.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1. Técnicas de recolección de datos:

En este estudio, se utilizarán la observación directa y los ensayos de laboratorio para recolectar datos. La observación proporcionará información detallada sobre los materiales y el proceso de mezcla, mientras que los ensayos en el laboratorio se centrarán en establecer las características del agregado y posteriormente evaluar las características del concreto permeable. Estos datos serán cruciales para el diseño de mezclas y la comprensión del comportamiento del concreto permeable. En resumen, la observación y los ensayos de laboratorio desempeñarán un papel clave en la recolección de datos y el análisis en esta investigación.

3.3.2. *Instrumentos de recolección de datos:*

Se emplearán protocolos específicos para cada ensayo realizado, respaldados por las normativas NTP o ASTHO. Los resultados obtenidos se registrarán en formatos y se procesarán en hojas de Excel obtener los datos finales del proyecto.

Para evaluar el agregado grueso, se realizarán los siguientes ensayos: Según él (INACAL, 2022) los diferentes ensayos están sujetos a su respectiva norma como:

Ensayos de análisis granulométrico siguiendo los estándares (NTP-400.012, 2018), determinación del porcentaje de humedad (NPT-339.185, 2019), medición de la densidad P.U. suelto y compactado (NPT-400.017, 2011), así como la medición del peso específico y absorción de los agregados (NPT-400.022, 2018).

En el caso del concreto, También él (INACAL, 2022) nos indica la respectiva normativa; mediante la cual se ensayarán las muestras:

El ensayo slump-Asentamiento; siguiendo la normativa vigente en (NPT-339.035, 2009), además el de densidad y contenido de vacíos del concreto en estado fresco respaldos por la (NPT-339.230, 2010), también el ensayo de Densidad y Contenido de Vacíos del Concreto Permeable en estado Endurecido cuyos parámetros se establecen en la (NPT-339.238, 2018); para determinar la resistencia a la compresión de utiliza los parámetro determinados en la (NPT-339.034, 2015), y por último se determina el índice de infiltración-Permeabilidad según lo estipulado en la (ACI-522R, 2006).

Para la realización de estos ensayos se debe respetar los estándares establecidos y requeridos en las diferentes normativas mencionadas anteriormente, y los resultados obtenidos serán utilizados como parte integral de la investigación.

Como parte del presente proyecto se realizó la caracterización de los agregados de las dos canteras visitadas (Huamán y Bendezú) y de los cuales se determinó los agregados y/o componentes de los diferentes diseños.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Tratamiento y análisis de resultados:

4.1.1. Materiales usados para las mezclas del Concreto Poroso:

4.1.1.1. Agregado grueso:

Se estimó la utilización del agregado grueso (Piedra chancada de ½”) perteneciente a la cantera Bendezú ubicada en la Av. Evitamiento Km. 321 – Pampas - Tayacaja, esto debido a que se podría tener un mejor acabado; por ello se usó la piedra chancada de tamaño N°57 (TMN ½”), en la siguiente figura 9 se observa el material de dicha cantera.

Figura 9

Cantera Bendezú - Urbano



Fuente: Elaboración propia, tomada en la cantera “Bendezú – Urbano” en el momento de realizar la compra del agregado.

Luego de la caracterización del agregado grueso a utilizar en dicha investigación se obtiene un resumen de sus características físicas, los cuales nos proporcionarán datos importantes para el diseño de la muestra del concreto poroso, estos se muestran a continuación.

Tabla 8

Características físicas del agregado grueso " Bendezú - Urbano "

DESCRIPCIÓN	UNIDAD
Tamaño Máximo Nominal	1/2 "
Huso Granulométrico	N° 57
Cantidad Humedad	0.08%
P.U. Compactado	1430.24 kg/m ³
P.U. Suelto	1330.38 kg/m ³
P.E (SSS)	2.62 g/cm ³
Absorción	1.71%

Nota: Elaboración propia; estos datos se obtuvieron de la caracterización de los agregados mediante los ensayos de contenido de humedad (ASTM C566 - NPT339.185), el de granulometría (ASTM C136 – NPT400.012), el P.U. Suelto y varillado (ASTM C29 -NPT400.017), peso específico y % absorción (ASTM C127 – NPT400.021); cuyo procesamiento de datos se encuentra en el anexo 03.

4.1.1.2. Cemento:

Se estableció el uso del cemento portland tipo V, el mismo que tiene como características principales su alta resistencia al salitre, alta resistencia a mediano y largo plazo, excelente trabajabilidad y acabado, bajo contenido de álcalis, resistencia a agregados álcali reactivos, moderado a bajo calor de hidratación, alta durabilidad; estas características serán de utilidad al implementar un tipo de concreto poroso expuesto al salitre como los canales de alcantarillado, defensas ribereñas, drenajes de suelos con ácidos, arcillosos, y/o aguas subterráneas. La ficha técnica de este cemento se encuentra en el anexo 10, en donde se menciona que el peso específico (Densidad) es de 3.19 g/cm³, además de las resistencias promedio (kg/cm²) en 7, 14, 21 y 28 días para un tipo de concreto según la NTP 334.009 /ASTM C – 150.

4.1.1.3. Agua:

Se empleó el agua del laboratorio (Ciudad Universitaria de la UNAT) para las diferentes proporciones de diseño de la evaluación del concreto poroso.

4.1.1.4. Aditivo SikaFume:

Este aditivo para concreto es en forma de polvo, el mismo que se basa en el humo de sílice; contiene dióxido de silicato (esto imparte una gran cohesión interna y retención del agua con el concreto fresco y según su ficha técnica el concreto adquiere propiedades como: Alta estabilidad, mayor durabilidad, excelente resistencia a la congelación y la sal del deshielo, mayores resistencias finales como también mayor resistencia a la abrasión, reducción en la penetración de cloruros esto para evitar la corrosión del acero (Si es que lo tuviera), este aditivo cumple con la norma ASTM C1240 y se recomienda que para las condiciones de curado se tenga en cuenta el ACI 308. Además, se indica en su ficha técnica que su peso específico es de $2\ 200\ \text{kg/m}^3$ y su dosificación recomendada es entre 5 – 10% del peso del cemento. La ficha técnica se adjunta en el anexo 11.

4.1.2. Consideraciones Iniciales de Mezcla:

4.1.2.1. Contenido de vacíos:

Para terminar el contenido de vacíos se realizó según las figuras 3 y 4, los mismos que indican como es que podría incrementar la resistencia del concreto mientras el contenido de vacíos disminuye, y como se requiere la máxima permeabilidad se establece el 30 % de la cantidad de vacíos para el desarrollo de las diferentes muestras.

4.1.2.2. Relación agua cemento a/c:

En principio para determinar la relación de a/c del modelo patrón se estableció varias pruebas en donde se pudo determinar o conseguir una pasta estable en donde el cemento se distribuyera de manera uniforme en toda la superficie de la probeta y no se

vaya hacia la parte inferior (Falla por exceso de agua). Y de estableció como modelo patrón M-PT01.

Luego se determinó 04 diferentes proporciones de relación a/c (0.34 – 0.27), aumentando la cantidad del aditivo SikaFume (entre 5 - 10%) respecto al cemento y reduciendo la cantidad de agua entre el 15 – 30%. Además de realizar un compactado muy ligero el mismo que consta de 15 varillados de 5 cm altura en 15 golpes (Varilla metálica) esto en dos diferentes capas.

Por último se realizó una proporción con una relación a/c 0.270, aumentando el aditivo SikaFume al 10% respecto a la cantidad del cemento y reduciendo la cantidad de agua del 30%. Además, se realizó un compactado ligero el mismo que consta de 15 golpes (Recipiente con concreto de diámetro 3” x 4” de altura) de 5 cm altura en 15 golpes esto en tres diferentes capas. Los mismos que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 9

Relación a/c de los diferentes diseños.

DISEÑO	RED. % AGUA	Relación A/C
M - PT01 (P)	—	0.380
M - PT02	15.00	0.340
M - PT03	20.000	0.317
M - PT04	25.000	0.293
M - PT05	30.00	0.270
M - PT06 (*)	30.00	0.270

Nota: Elaboración propia, diseños establecidos según la reducción de agua esperada de acuerdo a la cantidad de aditivo utilizado (5 al 10% del peso del cemento) para cada uno de los diseños propuestos; cuya reducción se estableció entre el 15 y el 30%; obteniendo de esta manera la relación (A/C).

4.1.2.3. Dosis de aditivo SikaFume:

Cabe mencionar que inicialmente se utilizó cantidades de SikaFume y cantidades de agua tentativas; las mismas en las que se verificó que eran inadecuadas para nuestro diseño; debido a que las probetas mostraban una falla por exceso de agua ya que la pasta de cemento se posicionó en la base de la probeta formando dos capas: Una excesivamente porosa y débil a falta de cemento y otra muy rígida sin poros. En la figura 10 se puede visualizar dicha falla elaborada en el laboratorio de materiales de la UNAT.

Figura 10

Probetas con cantidad de pasta inadecuada



Nota: Elaboración propia, realizada en el Laboratorio de Materiales de la UNAT. Resultados de las primeras pruebas necesarias para determinar la cantidad de agua necesaria para la presente investigación.

Se aprovecho la relación (A/C) ya obtenida anteriormente y conjuntamente con la ficha técnica del aditivo SikaFume (en donde indica que el porcentaje de dosificación del SikaFume varía entre el 5-10 % de la cantidad del cemento). Se determino la cantidad de pasta necesaria para el diseño propuesto.

Figura 11

Probeta con dosis de pasta adecuada



Nota: Elaboración propia, realizada en el Laboratorio de Materiales de la UNAT. Muestra una distribución homogénea de la pasta en la elaboración del concreto poroso, donde se encuentran vacíos interconectados permitiendo estos que el diseño cumpla con la característica de permeabilidad.

Tabla 10

Determinación del % de aditivo respecto al cemento

DISEÑO	Relación A/C	% ADITIVO RECOM.
M - PT01 (P)	0.380	
M - PT02	0.340	5.00
M - PT03	0.317	6.67
M - PT04	0.293	8.33
M - PT05	0.270	10.00
M - PT06 (*)	0.270	10.00

Nota: Primera propuesta para la elaboración de probetas de concreto poroso, donde se estableció el 30% de vacíos con una compactación muy ligera.

4.1.3. Resumen de los diseños de mezcla de concreto permeable:

La relación agua/cemento (a/c) es un aspecto crucial, ya que, al reducirla, se debe modificar la composición de la mezcla, aumentando la cantidad de cemento y aditivo SikaFume. Para diseñar estos modelos de mezclas de concreto poroso, es necesario considerar la cantidad de materiales, el peso unitario y la densidad teórica. Este cálculo detallado de cada una de los diseños se muestran en el anexo 04.

El resumen de cada uno de estos diseños se muestra en la tabla 11 en el que se establecieron diferentes diseños como: El prototipo (M- PT01 (P)) se estableció sin contenido de aditivo; del (M-PT02 al M – PT05) se estableció diferentes porcentajes de aditivo de (5 al 10% del cemento) y el (M-PT06°) se determinó con el 10% de aditivo respecto al cemento con una compactación ligera.

Tabla 11

Resumen de los diferentes diseños de mezclas. Propuesta #1

DISEÑO	RELACIÓN a/c	DOSIS DE ADITIVO %	AGREG. GRUESO SSS (kg.)	CEMENTO (kg.)	AGUA (kg.)	ADITIVO (kg.)	PESO UNITARIO (kg/m ³)	DENSIDAD TEÓRICA (kg/m ³)
M - PT01 (P)	0.380	0	1439.91	216.90	105.50	0	1739.23	2484.62
M - PT02	0.340	5.00	1439.91	222.44	98.71	11.12	1749.10	2498.72
M - PT03	0.317	6.67	1439.91	227.58	95.22	15.25	1754.88	2506.97
M - PT04	0.293	8.33	1439.91	233.49	91.49	19.38	1761.19	2515.99
M - PT05	0.270	10.00	1439.91	239.16	87.65	23.92	1767.56	2525.09
M - PT06 (*)	0.270	10.00	1439.91	239.16	87.65	23.92	1767.56	2525.09

Nota: Se muestra los rangos de los materiales utilizados para la elaboración de las mezclas del concreto poroso de esta investigación (M-PT02 al M-PT05).

Los valores de la tabla 11 se comparan con las cantidades típicas proporcionadas por el ACI 522-10R que anteriormente se mostró en la tabla 05. Sin embargo, para la cantidad de vacíos (30% del volumen total); el material cementante va de 216.90 a 239.16 y la relación de agregado: cemento, por masa es de 5.92 a 6.53 los mismos que se encuentran fuera del rango recomendado. Estos valores se resumen en la tabla 12.

Tabla 12*Rango de materiales utilizados en la mezcla. Propuesta #1*

DESCRIPCIÓN	PROPORCIÓN kg/m ³
Material cementante a utilizar	216.901 a 239.16
Agregado a utilizar	1416.833
Relación del a/c, por masa	0.270 a 0.380
Relación agregado: cemento, por masa	5.924 a 6.532
Relación finos: agregado grueso, por masa	0
Aditivo Sika Fume	11.12 a 23.92

Nota: Se visualiza los valores mínimos y máximos para los diferentes diseños propuestos; teniendo en consideración el peso del agregado en estado natural (seco); si bien algunos valores están fuera del rango recomendado por el ACI522R, es factible evaluar su resistencia en el concreto poroso y medir la influencia de estos.

Para poder contrastar con los valores anteriores se realiza otro diseño adicional para encontrar parámetros y/o rangos más cercanos a los recomendados por el ACI 522-10R; Los cuales se detallan en la tabla 13. Estos parámetros contienen el peso unitario y la densidad teórica los cuales son indispensables para nuestro diseño.

Tabla 13*Resumen de los diferentes diseños de mezclas. Propuesta #2*

DISEÑO	RELACIÓN a/c	DOSIS DE ADITIVO %	AGREG. GRUESO SSS (kg.)	CEMENTO (kg.)	AGUA (kg.)	ADITIVO (kg.)	PESO UNITARIO (kg/m ³)	DENSIDAD TEÓRICA (kg/m ³)
M - PT07 (P)	0.380	0.00	1439.91	332.26	149.34	0	1898.43	2433.88
M - PT08	0.340	5.00	1439.91	340.75	138.93	17.04	1913.55	2453.27
M - PT09	0.317	6.67	1439.91	348.62	133.59	23.36	1922.40	2464.62
M - PT10	0.293	8.33	1439.91	357.68	127.88	29.69	1932.07	2477.01
M - PT11	0.270	10.00	1439.91	366.36	121.99	36.64	1941.82	2489.52

Nota: En la tabla 13 se muestra el resumen del rango de materiales utilizados en la mezcla (propuesta) #2; todos estos rangos se encuentran alrededor de los parámetros recomendados por el ACI 522-10R. Para nuestra comparación utilizamos la (M-PT07, M-PT08 y M-PT11).

Tabla 14*Rango de materiales utilizados en la mezcla. Propuesta #2*

DESCRIPCIÓN	PROPORCIÓN kg/m ³
Material cementante a utilizar	332.26 a 336.36
Agregado a utilizar	1416.833
Relación del a/c, por masa	0.270 a 0.380
Relación agregado: cemento, por masa	3.867 a 4.264
Relación finos: agregado grueso, por masa	0
Aditivo Sika Fume	17.04 a 36.64

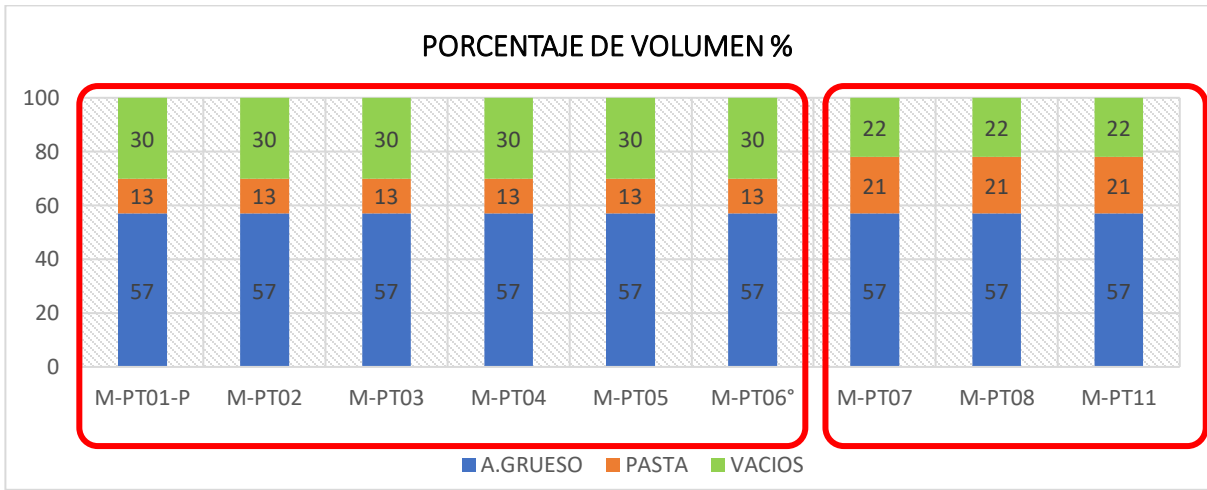
Nota: La presente tabla refleja valores que se encuentra dentro del rango recomendado por el ACI522R. Se debe evaluar la incidencia de los componentes ya que para este diseño se determinó el 21 % de pasta y un 22% de vacíos respecto al volumen total del sólido; y comparar los resultados con los de la propuesta #1.

Por ello se propuso que para los diferentes diseños se tomen en consideración el mismo porcentaje de agregado grueso, la pasta del (M-PT01 al M-PT06°) con un porcentaje de 13% y un 30% de vacíos. Por ende, al usar el aditivo SikaFume se reduce la relación a/c y solo se modifica la composición de la pasta. Y para los diseños (M-PT07, M-PT08 y M-PT11) con un porcentaje de 21% de la pasta para un contenido de vacíos de 22% aproximadamente.

En la figura 12 se muestra las proporciones de los diferentes elementos de cada mezcla y se visualizó que al reducir la cantidad de vacíos y mantener la cantidad de agregado grueso, aumenta el volumen de la pasta.

Figura 12

Proporciones de elementos de cada mezcla.

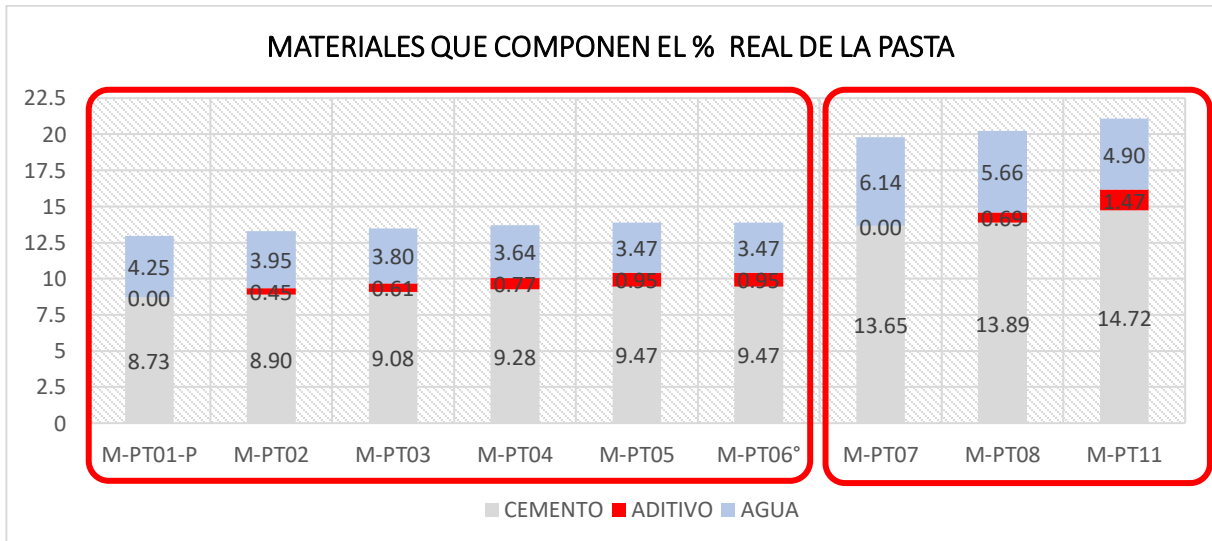


Nota: En la figura se visualiza el volumen de las dos propuestas con el 30% de vacíos y 22% de vacíos respectivamente.

En la figura 13 se muestra el porcentaje de cada elemento que conforma la pasta en los diferentes diseños realizados y como este modifica su composición, se ve que al incrementar la cantidad de aditivo reduce la cantidad de agua y de cemento.

Figura 13

Proporciones de cada elemento en la Pasta.



Nota: En esta figura se puede apreciar el porcentaje del cemento, agua y aditivo para cada uno de los diseños propuestos.

4.1.4. Ensayos al concreto permeable en estado fresco:

4.1.4.1. Asentamiento - Slump:

Se realizó el ensayo de asentamiento (Slump) según la norma NPT 339.035 para cada uno de los diseños obteniendo valores similares para los diseños (M-PT02 al M-PT06°) los que van entre (135 y 145mm.) y para los diseños (M-PT07, M-PT08 y M-PT11) valores entre (7 y 10mm.), los cuales se resumen en la tabla 15

Tabla 15

Valores de Asentamiento para cada diseño.

DISEÑO	ASENTAMIENTO (mm)
M - PT01 (P)	145
M - PT02	142
M - PT03	140
M - PT04	141
M - PT05	139
M - PT06*	135
M - PT07 (P)	10
M - PT08	8
M - PT11	7

Nota: La tabla 15 muestra los resultados del asentamiento para cada uno de los diseños propuestos.

Para los diseños (M-PT01 al M-PT06°), el concreto se asentó notablemente al momento de hacer la prueba (levantar el cono), además se observó y verifico que la pasta del cemento no fluyo hacia la parte inferior de la probeta luego de su elaboración en ninguno de los diseños realizados, proporcionando una mezcla homogénea los cuales se encuentran en el rango de concreto muy plástico según la tabla 3.

En los diseños (M-PT07, M-PT08 y M-PT11), el concreto se asentó muy ligeramente presentando valores próximos a cero, los mismos que ubican en un rango de clasificación de concretos con consistencia rígida, de acuerdo a la tabla 3.

Figura 14

Ensayo de Asentamiento - Slump (M-PT01 al M-PT06°)



Nota: Medición del asentamiento para los diseños de la propuesta #01.

Figura 15

Ensayo de Asentamiento – Slump (M-PT07, M-PT08 y M-PT11).



Nota: Medición del asentamiento para los diseños de la propuesta #02.

4.1.4.2. Densidad (peso unitario) y contenido de vacíos:

Para poder realizar este tipo de ensayo en el diseño (M-PT01 al M-PT05) se utilizó la varilla del “Cono de Abrams” procediendo a realizar 15 golpes de una altura de 10 cm. En tres capas de igual altura; llamándole a este tipo de compactación (Muy ligeramente compactado).

Para realizar el ensayo en el diseño (M-PT06°) se utilizó el bloque compactador (3” de diámetro X 4” de altura) procediendo a realizar 15 golpes de una altura de 5cm. Aproximadamente en tres capas de igual altura; llamando a este tipo de compactación (ligeramente compactado).

Finalmente se realizó en ensayo para los diseños (M-PT07, M-PT08 y M-PT11) utilizando el martillo Proctor estándar, dando 15 golpes en tres capas de igual altura.

Figura 16

Realización del ensayo de Peso Unitario en estado fresco



Fuente: Elaboración propia (Tomada en el laboratorio de concreto de la UNAT).

En la tabla 16 se muestra los valores del peso unitario en estado fresco para cada uno de los diseños elaborados, cabe recalcar que cada uno de esos diseños tienen particularidades expuestas anteriormente que se debe tomar en cuenta; sobre todo el tipo de compactación.

Tabla 16*Peso unitario del concreto poroso en estado fresco.*

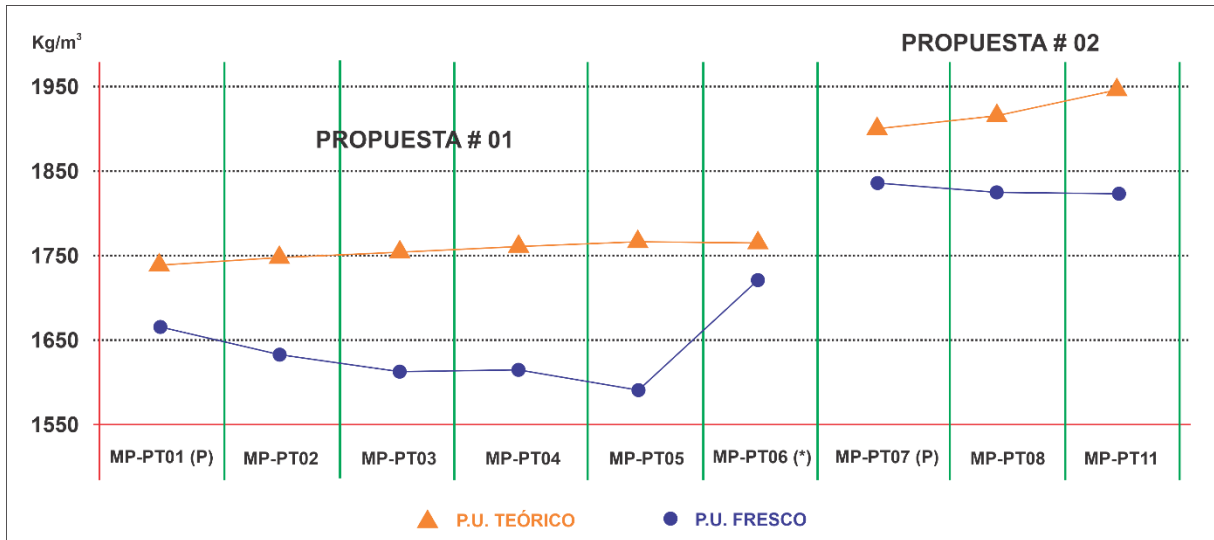
DISEÑO	VOL. DEL MOLDE (m ³)	MASA DEL MOLDE (kg)	MASA DEL MOLDE + CONCRETO (kg)	MASA DEL CONCRETO (kg)	P.U. "D" (kg/m ³)	P.U. TEÓRICO (kg/m ³)	CONT. DE VACIOS %
M - PT01 (P)	0.0056	8.82	18.16	9.34	1667.86	1739.23	32.9
M - PT02	0.0056	8.82	17.98	9.16	1635.71	1749.10	34.5
M - PT03	0.0056	8.82	17.87	9.05	1616.07	1754.88	35.5
M - PT04	0.0056	8.82	17.88	9.06	1617.86	1761.19	35.7
M - PT05	0.0056	8.82	17.75	8.93	1594.64	1767.56	36.8
M - PT06 (*)	0.0056	8.82	18.46	9.64	1721.43	1767.56	31.8
M - PT07 (P)	0.0056	8.82	19.15	10.33	1844.64	1898.43	24.2
M - PT08	0.0056	8.82	19.08	10.26	1832.14	1913.55	25.3
M - PT11	0.0056	8.82	19.05	10.23	1826.79	1941.82	26.6

Nota: Elaboración propia, se muestra el los resultados del ensayo sobre el peso unitario de los diferentes diseños, el procesamiento detallado de muestra en el anexo 05

En la figura 17 se visualiza y constata que el peso unitario en estado fresco del concreto poroso se encuentra por debajo del valor teórico, lo cual produjo que el porcentaje de vacíos aumenta respecto al porcentaje del valor teórico de (30% primer bloque) y (22% segundo bloque). Debido a que existe una relación inversa entre esas características del concreto poroso en estado fresco.

Figura 17

Peso unitario del concreto poroso.



Nota: (Base de datos recolectada del laboratorio de materiales UNAT), donde se muestra la diferencia entre el peso unitario teórico en contraste con el peso unitario del concreto en estado fresco.

4.1.4.3. Elaboración de Probetas (Concreto Poroso):

En la figura 18 se muestra la elaboración de las diferentes probetas para cada diseño, implementando procedimientos de compactación particulares para determinar el comportamiento del concreto poroso. Para los diseños de (M-PT01 al M-PT05) se utilizó la varilla del “cono de abrams”, se estableció dar 15 golpes en tres capas y así obtener la mayor cantidad de vacíos, para el diseño (M-PT06°) de estableció dar 15 golpes en tres capas desde una altura de 5 cm. Aproximadamente y así obtener mayor resistencia aunque se reduce la cantidad de vacíos, y por ultimo para lograr mayor resistencia se realizó tres diseños adicionales (M-PT07, MPT08 y MPT11) en donde se estableció realizar 15 golpes en tres capas con el martillo Proctor estándar y así obtener pesos unitarios equivalentes (similares) a los del diseño de las mezclas, verificando que los golpes se realicen de manera homogénea evitando que haya partes sin compactar.

Figura 18

Realización de las diferentes probetas.



Nota: Realización de diferentes tipos de compactación; al varillado, bloqueta y con martillo Proctor estándar (en el laboratorio de concreto de la UNAT).

En la elaboración de las mezclas en primer lugar se introdujo a la mezcladora la piedra chancada de $\frac{1}{2}$ " y se añadió el agua que se calculó para la corrección por contenido de la humedad y absorción, luego se agregó el cemento mezclándose durante 3 minutos aproximadamente con un ángulo de rotación de 30° desde el eje X, seguidamente se agrega el agua (mezclándolo con el SikaFume si el diseño lo requiere) batiéndolo durante 3 minutos más, se detiene la mezcladora para remover parte de la mezcla que se adhirió en las paredes de la tolva, finalmente se mezcla nuevamente por un periodo de 3 minutos adicionales.

Una vez terminada la elaboración de las probetas de las diferentes mezclas y con la finalidad de evitar las pérdidas de agua a causa de la evaporación; se envuelven con plástico film durante 24 horas aproximadamente, hasta el momento de desencofrarlos.

El embalado de los diferentes diseños se muestra en la figura 19.

Figura 19

Embalado de probetas para evitar pérdidas de agua.



Nota: Muestra del embalado de los diferentes diseños para evitar pérdidas de agua por evaporación.

Luego de las 24 horas de su elaboración se desencofran las probetas y se colocan en tinas con agua para su respectivo curado hasta que cumplan con las edades requeridas (7 días, 14 días, 21 días y 28 días) tal como se visualiza en la figura 20. (No se cuenta con una poza de curado con los estándares según la norma NTP 339.033).

Figura 20

Curado de probetas en tinas.



Nota: Curado de las diferentes muestras dentro del laboratorio de la UNAT.

4.1.5. Resistencia a la compresión y Módulo de Rotura:

4.1.5.1. Resistencia a la compresión:

Se realizó el ensayo de 3 muestras de cada diseño (para edades de 7, 14, 21 y 28 días) con la finalidad de verificar la evolución de la resistencia, para ello se colocó los soportes (Superior e inferior) los mismos que contienen una almohadilla de neopreno (caucho sintético) antes de ubicar las muestras en la prensa hidráulica; estas almohadillas se utilizaron con la finalidad de corregir las imperfecciones de las superficies superior e inferior.

Figura 21

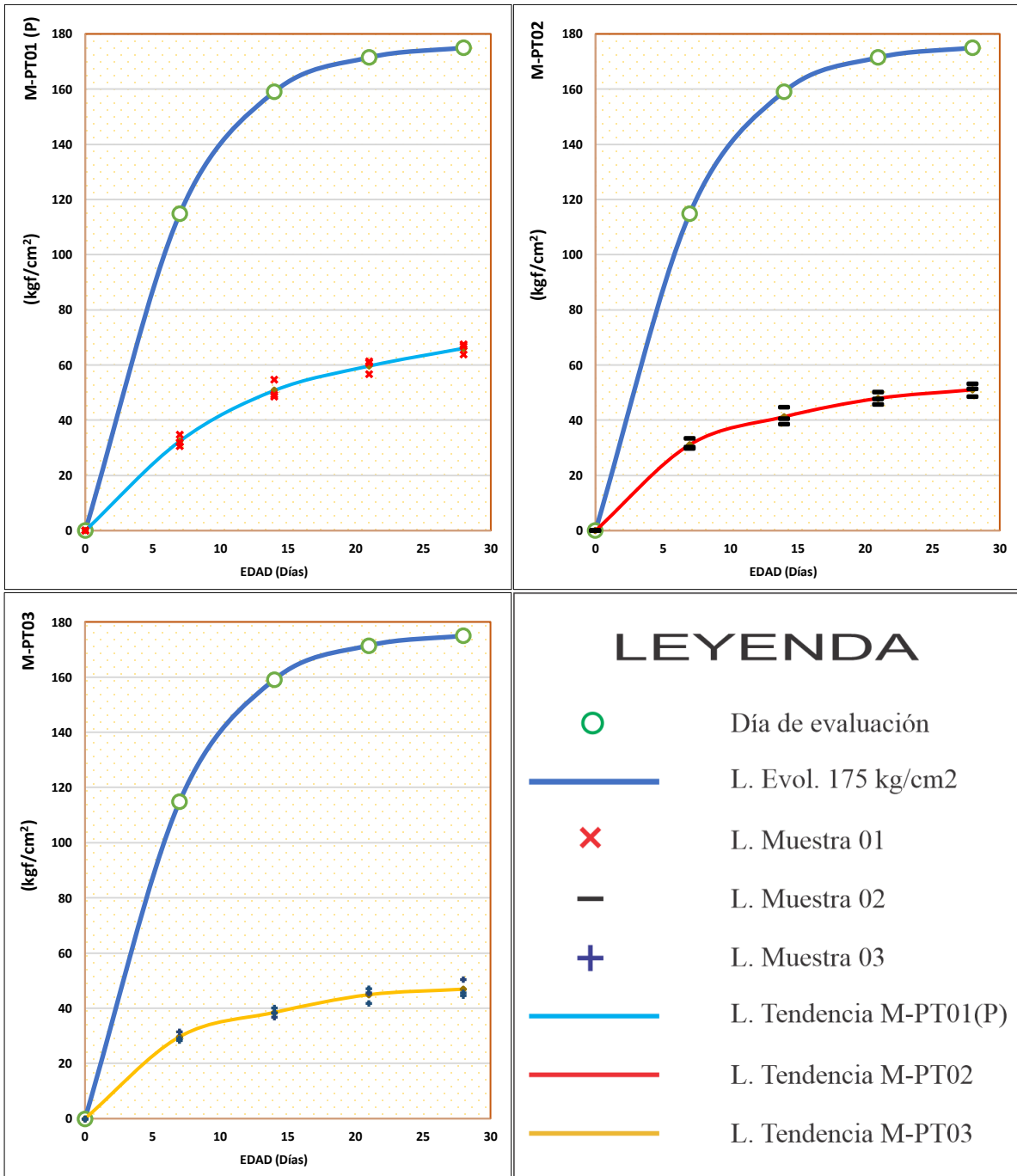
Proceso de realización del ensayo de compresión



Nota: En la figura 21 se muestra el procedimiento del ensayo de resistencia a la compresión. Para las roturas de las probetas en la prensa hidráulica se realizaron las medidas correspondientes como el diámetro (cm.), la altura (cm.) y el peso (kg.), datos que son necesarios para ingresar a la P_c de la máquina hidráulica mediante la pantalla táctil.

Figura 22

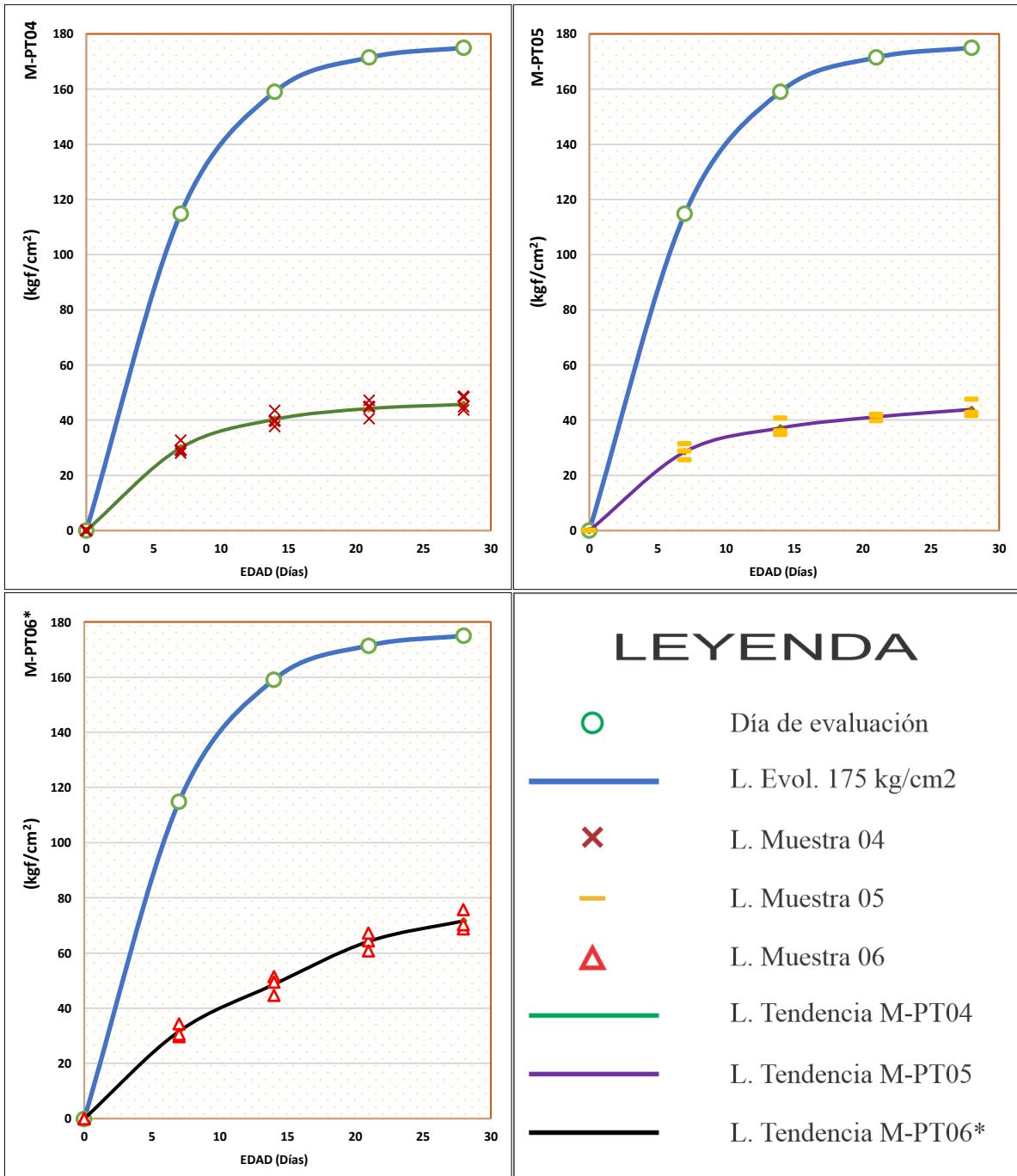
Evolución de la Resistencia a la carga axial (Propuesta #01 parte 1)



Nota: El gráfico muestra la evolución en la resistencia a la carga axial de los diseños M-PT01 (P), M-PT02 y M-PT03; donde se destaca la baja resistencia obtenida en estos diseños que fueron compactados muy ligeramente (con varilla) a 30% de vacíos y forman parte de la propuesta #01.

Figura 23

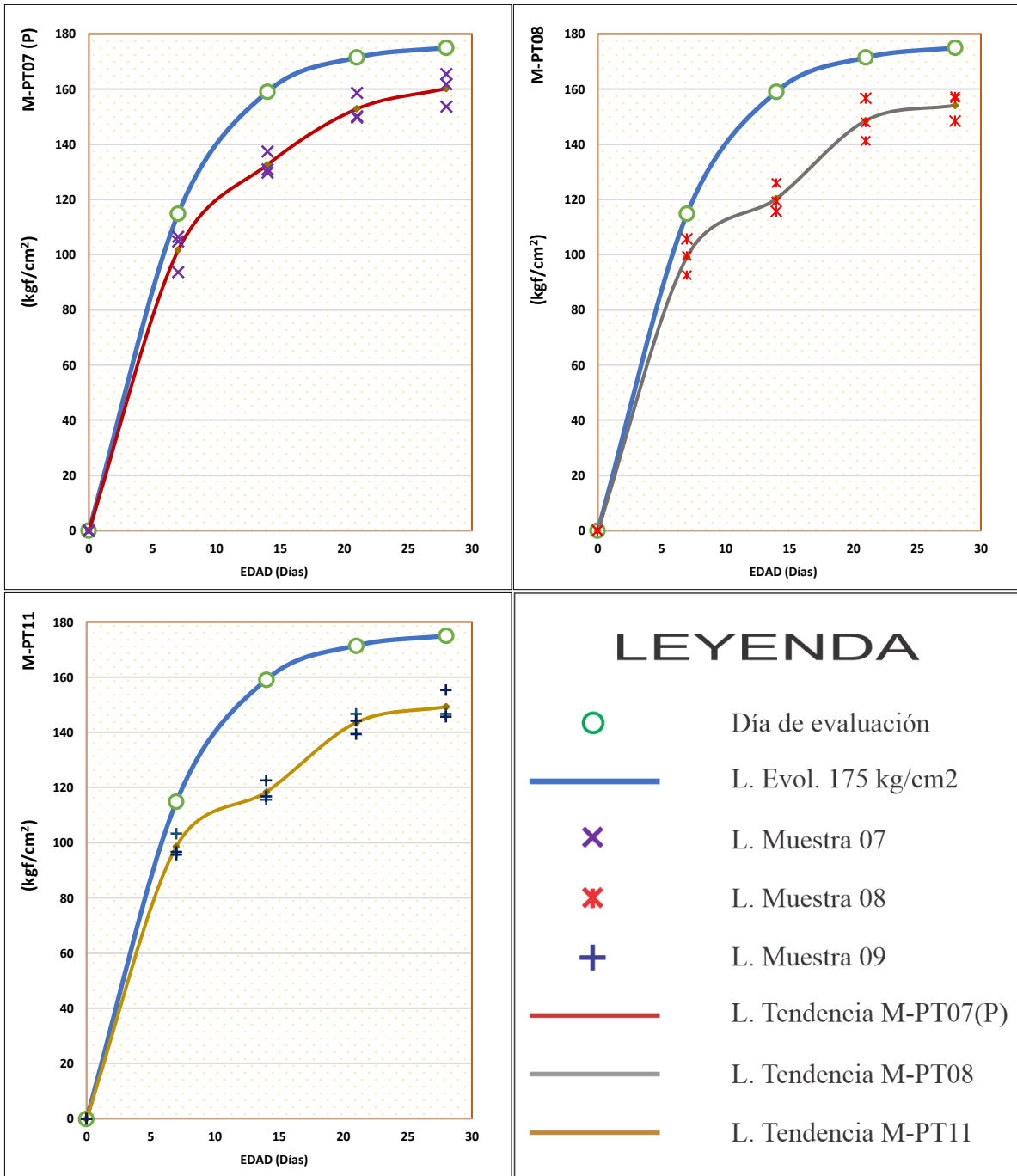
Evolución de la Resistencia a la carga axial (Propuesta #01 parte 2)



Nota: El gráfico muestra la evolución en la resistencia a la carga axial de los diseños M-PT04, M-PT05 y M-PT06*; estos diseños forman parte de la propuesta #01 para 30% de vacíos, con la particularidad que para el diseño M-PT06* se realizó la compactación con bloqueta de concreto (ligeramente compactado). Se visualiza una mejor evolución en cuando a su resistencia a la carga axial que los diseños anteriores; aunque aún está por debajo de lo requerido (175 kg/cm²) requerido en la Norma (RNE-CE.010, 2010).

Figura 24

Evolución de la Resistencia a la carga axial (Propuesta #02)



Nota: La figura muestra la evolución obtenida de los diseños de la propuesta #02 (M-PT07(P), M-PT08 y M-PT11) respecto a la resistencia a la carga axial. Estos fueron diseñados para un 22% de vacíos, y una compactación con martillo Proctor estándar (bien compactado). La resistencia obtenida está por debajo de lo requerido (175 kg/cm²) requerido en la Norma (RNE-CE.010, 2010), pero está muy cerca de la misma.

Los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión se encuentran detalladamente en el anexo 06. En la tabla 17 se visualiza los valores promedio (f^c), de los diferentes tiempos de ensayo para cada uno de los diseños propuestos. Además de la desviación estándar (S), el cual resulta de la formula:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (15)$$

Donde S representa a la desviación estándar típica, X_i es el dato i ésimo, \bar{X} simboliza al promedio aritmético y n representa el número de datos observados.

La desviación estándar (S), para un f^c (kg/cm^2) a los 28 días tenemos:

1- M-PT01 (P): M-PT01-1= 66.8, M-PT01-2= 67.5, M-PT01-3= 63.9, $\bar{X} = 66.07$

$$S = \sqrt{\frac{(66.8 - 66.07)^2 + (67.5 - 66.07)^2 + (63.9 - 66.07)^2}{3 - 1}} = \mathbf{1.91}$$

2- M-PT02: M-PT02-1= 48.5, M-PT02-2= 51.4, M-PT02-3= 53.2, $\bar{X} = 51.03$

$$S = \sqrt{\frac{(48.5 - 51.03)^2 + (51.4 - 51.03)^2 + (53.2 - 51.03)^2}{3 - 1}} = \mathbf{2.37}$$

3- M-PT03: M-PT03-1= 50.4, M-PT03-2= 44.7, M-PT03-3= 45.6, $\bar{X} = 46.90$

$$S = \sqrt{\frac{(50.4 - 46.90)^2 + (44.7 - 46.90)^2 + (45.6 - 46.90)^2}{3 - 1}} = \mathbf{3.06}$$

4- M-PT04: M-PT04-1= 48.5, M-PT04-2= 43.8, M-PT04-3= 44.9, $\bar{X} = 45.73$

$$S = \sqrt{\frac{(48.5 - 45.73)^2 + (43.8 - 45.73)^2 + (44.9 - 45.73)^2}{3 - 1}} = \mathbf{2.46}$$

5- M-PT05: M-PT05-1= 42.8, M-PT05-2= 47.5, M-PT05-3= 41.5, $\bar{X} = 43.93$

$$S = \sqrt{\frac{(42.8 - 43.93)^2 + (47.5 - 43.93)^2 + (41.5 - 43.93)^2}{3 - 1}} = \mathbf{3.16}$$

6- M-PT06*: M-PT06-1= 75.8, M-PT06-2= 68.9, M-PT06-3= 70.3, $\bar{X} = 71.67$

$$S = \sqrt{\frac{(75.8 - 71.67)^2 + (68.9 - 71.67)^2 + (70.3 - 71.67)^2}{3 - 1}} = \mathbf{3.65}$$

7- **M-PT07(P)**: M-PT07-1=165.4, M-PT07-2=153.6, M-PT07-3=161.7, $\bar{X} = 160.23$

$$S = \sqrt{\frac{(165.4 - 160.23)^2 + (153.6 - 160.23)^2 + (161.7 - 160.23)^2}{3 - 1}} = 6.04$$

8- **M-PT08**: M-PT08-1=156.7, M-PT08-2=148.4, M-PT08-3=157.3, $\bar{X} = 154.13$

$$S = \sqrt{\frac{(156.7 - 154.13)^2 + (148.4 - 154.13)^2 + (157.3 - 154.13)^2}{3 - 1}} = 4.97$$

9- **M-PT11**: M-PT11-1=146.7, M-PT11-2=155.4, M-PT11-3=145.7, $\bar{X} = 149.27$

$$S = \sqrt{\frac{(146.7 - 149.27)^2 + (155.4 - 149.27)^2 + (145.7 - 149.27)^2}{3 - 1}} = 5.34$$

Tabla 17

Resistencia Promedio y Desviación Estándar.

DESCRIPCIÓN	F'c (PROMEDIO) [kg/cm ²]				DESV. ESTÁNDAR (S)			
	07 DÍAS	14 DÍAS	21 DÍAS	28 DÍAS	07 DÍAS [kg/cm ²]	14 DÍAS [kg/cm ²]	21 DÍAS [kg/cm ²]	28 DÍAS [kg/cm ²]
M-PT01 (P)	32.43	50.80	59.63	66.07	2.15	3.40	2.56	1.91
M-PT02	31.13	41.27	47.93	51.03	1.97	3.15	2.20	2.37
M-PT03	29.67	38.47	44.90	46.90	1.63	1.70	2.79	3.06
M-PT04	30.00	40.33	44.23	45.73	2.48	2.90	3.35	2.46
M-PT05	28.57	37.20	41.20	43.93	2.90	3.20	1.23	3.16
M-PT06*	31.63	48.63	64.23	71.67	2.51	3.48	3.31	3.65
M-PT07 (P)	101.63	132.63	152.83	160.23	6.92	4.16	5.08	6.04
M-PT08	99.27	120.33	148.60	154.13	6.55	5.16	7.77	4.97
M-PT11	98.67	118.37	143.53	149.27	4.13	3.71	3.71	5.34

Nota: La presente table muestra el resumen completo de los promedios de las resistencias a la carga axial (f'c) de los diferentes diseños propuesto, en donde se verifica la tendencia de crecimiento hasta los 28 días, notándose que a mayor porcentaje de SikaFume la resistencia se aleja más de lo esperado. También se muestra el resumen completo de la desviación estándar para todos los diseños propuestos en los días de evaluación (7,14,41 y 28 días).

la tabla 18 se muestra el coeficiente de variación (CV) y se toma en cuenta este coeficiente para ensayos a los 28 días. Para determinar este coeficiente se hace uso de la siguiente ecuación:

$$C.V. = \frac{S}{\bar{X}} 100 \quad (16)$$

Donde S asume el valor de la desviación estándar típica y \bar{X} representa el promedio aritmético.

El coeficiente de variación (C.V.), para un $f'c$ (MPa) a los 28 días tenemos:

- 1- M-PT01 (P): $S = 0.191$ MPa, $\bar{X} = 6.607$ MPa \Rightarrow C.V.= **2.89 %**
- 2- M-PT02: $S = 0.237$ MPa, $\bar{X} = 5.103$ MPa \Rightarrow C.V.= **4.65 %**
- 3- M-PT03: $S = 0.306$ MPa, $\bar{X} = 4.690$ MPa \Rightarrow C.V.= **6.53 %**
- 4- M-PT06*: $S = 0.365$ MPa, $\bar{X} = 7.167$ MPa \Rightarrow C.V.= **5.09 %**
- 5- M-PT07 (P): $S = 0.604$ MPa, $\bar{X} = 16.023$ MPa \Rightarrow C.V.= **3.77 %**
- 6- M-PT11: $S = 0.534$ MPa, $\bar{X} = 14.927$ MPa \Rightarrow C.V.= **3.57 %**

Tabla 18

Desviación Estándar y Coeficiente de Variación

DESCRIPCIÓN	DESDEV. ESTÁNDAR				COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
	07 DÍAS [MPa]	14 DÍAS [MPa]	21 DÍAS [MPa]	28 DÍAS [MPa]	07 DÍAS [%]	14 DÍAS [%]	21 DÍAS [%]	28 DÍAS [%]
M-PT01 (P)	0.22	0.34	0.26	0.19	6.63	6.68	4.29	2.89
M-PT02	0.20	0.32	0.22	0.24	6.34	7.64	4.60	4.65
M-PT03	0.16	0.17	0.28	0.31	5.48	4.42	6.21	6.53
M-PT04	0.25	0.29	0.34	0.25	8.25	7.20	7.57	5.38
M-PT05	0.29	0.32	0.12	0.32	10.16	8.59	2.98	7.18
M-PT06*	0.25	0.35	0.33	0.36	7.95	7.16	5.15	5.09
M-PT07 (P)	0.69	0.42	0.51	0.60	6.81	3.14	3.33	3.77
M-PT08	0.66	0.52	0.78	0.50	6.60	4.29	5.23	3.23
M-PT11	0.41	0.37	0.37	0.53	4.19	3.13	2.58	3.57

Nota: Esta tabla muestra el resumen completo de todos los diseños propuestos de la desviación estándar en MPa. Para su respectiva evaluación respecto a la norma vigente ACI214R-11; También se muestra los respectivos coeficientes de variación expresados en %, tomándose en cuenta para su evaluación el que corresponde a los 28 días.

Para la evaluación de los resultados del ensayo de resistencia a la compresión nos apoyaremos en la tabla brindada por el ACI 214R-11 el mismo que se observa en la tabla 19.

Tabla 19

Normas de control para $F'c \leq 35 \text{Mpa}$.

VARIACIÓN GENERAL					
CLASE DE OPERACIÓN	DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA DIFERENTES PATRONES DE CONTROL, (MPa)				
	ÓPTIMO	MUY BUENO	BUENO	ACEPTABLE	DEFICIENTE
Pruebas en Construcción	2.8	2.8 a 3.4	3.4 a 4.1	4.1 a 4.8	sobre 4.8
Pruebas en laboratorio	1.4	1.4 a 1.7	1.7 a 2.1	2.1 a 2.4	sobre 2.4
VARIACIÓN DENTRO DEL LOTE					
CLASE DE OPERACIÓN	COEFICIENTE DE VARIACIÓN PARA DIFERENTES PATRONES DE CONTROL, (%)				
	ÓPTIMO	MUY BUENO	BUENO	ACEPTABLE	DEFICIENTE
Pruebas de control de Campo	debajo de 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	5.0 a 6.0	sobre 6.0
Lotes de prueba de laboratorio	debajo de 2.0	2.0 a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	sobre 5.0

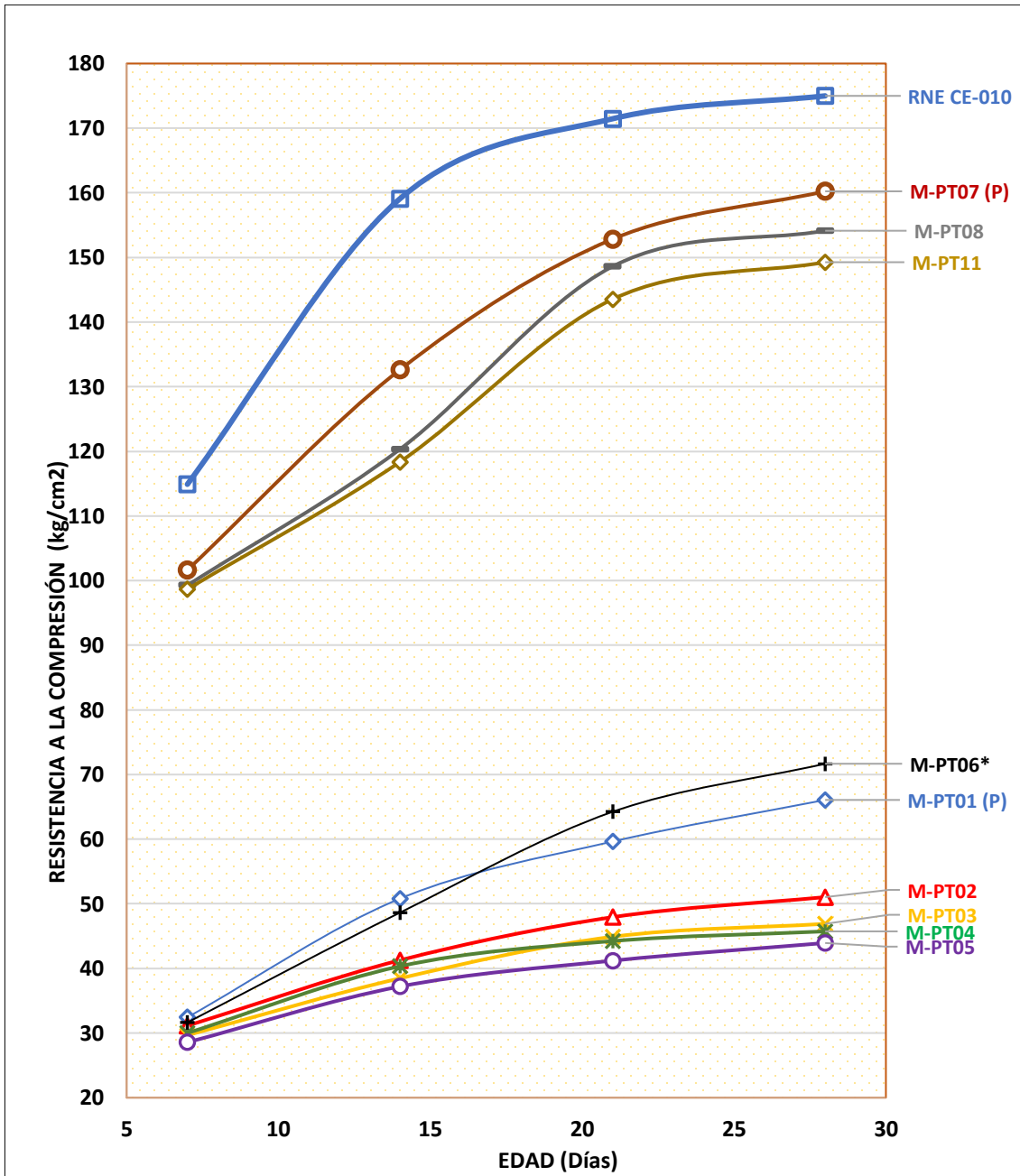
Nota: Adaptada de la “Guía para la evaluación de resultados de las pruebas de resistencia del concreto” (ACI 214R-11).

Los valores obtenidos sobre la desviación estándar (S) de las diferentes mezclas realizadas se evaluaron de acuerdo a los rangos de la tabla 19 y se determinó que todos los diseños se encuentran en el rango de control OPTIMO.

En cuanto a la determinación del coeficiente de variación (C.V.). Se tomó en cuenta a los 28 días para todos los diseños propuestos deduciendo así que: El M-PT01 (P) se encuentra en el rango de MUY BUENO, el M-PT07, M-PT08 y M-PT11 se encuentran en el rango de BUENO, el M-PT02 se encuentra en el rango ACEPTABLE y los diseños M-PT03, M-PT04, M-PT05 y M-PT06 se encuentran dentro del rango en el rango DEFICIENTE.

Figura 25

Evolución de los diferentes diseños del concreto poroso.



Nota: En la figura se puede visualizar el progreso de la resistencia a la compresión de los diferentes diseños realizados y como influyó en cada uno de ellos el nivel de compactación (Muy ligeramente compactado para los diseños del M-PT01 al M-PT05, ligeramente compactado para el M-PT06 y bien compactado para el M-PT08, M-PT09 Y M-PT11) y la cantidad de pasta.

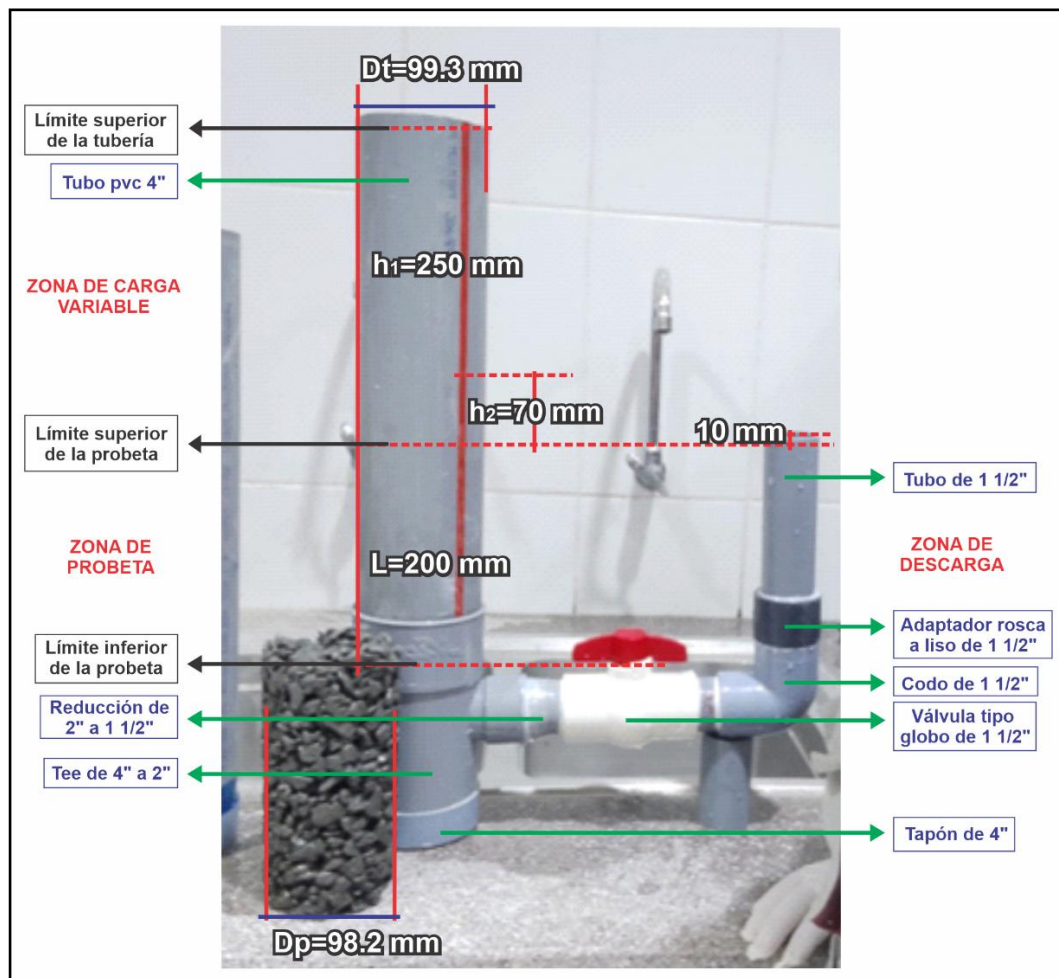
4.1.6. Permeabilidad y Contenido de vacíos:

4.1.6.1. Tasa de infiltración:

Para poder realizar este ensayo se construyó un permeámetro siguiendo las indicaciones del ACI 522R-10, para ello se utilizó tubos de PVC además de algunos accesorios necesarios para su respectivo control y ensamblamiento (Válvula Check de 2", reductor de 4" a 2", tubo de 4", tapón de 4", codo de 2"). En la figura 26 se muestra el ensamblado del permeámetro según el ACI522R-10.

Figura 26

Permeámetro según el ACI522R-10



Nota: Prototipo de permeámetro realizado en el laboratorio de la UNAT, la misma que cuenta con un tuve de 4", una tee reductora de 4" a 2", un reductor de 2" a 1.5", una válvula de globo de 1.5", un codo de 1.5" y finalmente un tubo de 1.5" para la zona de descarga.

Las diferentes probetas fueron marcadas según el tipo de diseño al que corresponde además también se realizó las medidas de cada una de ellas entre el diámetro y la longitud obteniendo una medida muy cercada a los 20 cm para todas las probetas.

Para el ensayo previamente se puso plástico a las probetas además de unos añillos en la parte superior e inferior para que de esa manera se una al permeámetro tal como se puede apreciar en la figura 27. De esta manera se buscó evitar la fuga del agua por las paredes laterales de los tubos PVC al momento de su ensamble miento en el instante del ensayo.

Figura 27

Preparado de probetas para el ensayo de permeabilidad.



Nota: Las probetas para el ensayo de permeabilidad fueron preparadas y acondicionadas (forradas con un fil y selladas tanto en la parte superior como inferior) para asegurar que el agua fluya exclusivamente mediante sus poros. Estas probetas tuvieron medidas aproximadas de 200 mm de largo X 100 mm de diámetro.

En la figura 28 se muestra los pasos del ensayo de permeabilidad; desde la preparación de las muestras, la medición, el forrado y la toma del tiempo de infiltración.

Figura 28

Ensayo de permeabilidad.



Nota: Se muestra el proceso para realizar el ensayo de permeabilidad en el laboratorio de la UNAT; A) Selección del equipo y las probetas a ensayar, B) preparación de las probetas, C) medición del tiempo que toma llegar desde el H₁ hasta el H₂.

Los resultados obtenidos durante el ensayo de permeabilidad se encuentran detalladamente en el anexo 07. En la tabla 20 se muestra el resumen de la permeabilidad (índice de infiltración) promedio para cada diseño elaborado; estos valores están por encima de 1.40 mm/s el cual representa al valor mínimo del rango que se indica en el ACI 522-10R, por eso se considera que todos los diseños elaborados son permeables. Para ello se usa de la ecuación número 08 para proceder a determinar el promedio del índice de infiltración para cada tipo de diseño elaborado con moldes de 4 x 8” aprox. ($h_1 = 250mm$; $h_2 = 70 mm$; $\phi_t = 9.925cm$).

Para ello se hace uso de la ecuación número 08 proporcionada anteriormente.

$$\nabla = \left(\frac{L}{t}\right) \left(\frac{a}{A}\right) \ln \left(\frac{h_1}{h_2}\right)$$

Permeabilidad para muestras a los 28 días de su elaboración para:

1- M-PT01(P): Permeabilidad para M-PT01(P)-1; M-PT01(P)-2 y M-PT01(P)-3

1.1- $\phi_1 = 9.821\text{cm}$; $L_1 = 200.002\text{mm}$; $t_1 = 20.98\text{ s}$.

$$\nabla_{M-PT01(P)-1} = \frac{200.002_{mm}}{20.98_s} * \frac{75.75_{cm^2}}{77.37_{cm^2}} * \ln\left(\frac{250_{mm}}{70_{mm}}\right) = 11.88_{mm/s}$$

1.2- $\phi_2 = 9.819\text{cm}$; $L_2 = 199.045\text{mm}$; $t_2 = 23.56\text{ s}$.

$$\nabla_{M-PT01(P)-2} = \frac{199.045_{mm}}{23.56_s} * \frac{75.72_{cm^2}}{77.37_{cm^2}} * \ln\left(\frac{250_{mm}}{70_{mm}}\right) = 10.53_{mm/s}$$

1.3- $\phi_3 = 9.811\text{cm}$; $L_3 = 201.004\text{mm}$; $t_3 = 22.75\text{ s}$.

$$\nabla_{M-PT01(P)-3} = \frac{201.004_{mm}}{22.75_s} * \frac{75.60_{cm^2}}{77.37_{cm^2}} * \ln\left(\frac{250_{mm}}{70_{mm}}\right) = 10.99_{mm/s}$$

Se determina que la permeabilidad para el diseño:

- M-PT01(P) es el promedio resultando = $11.13_{mm/s}$

2- M-PT02: Permeabilidad para M-PT02-1; M-PT02-2 y M-PT03-3

2.1- $\phi_1 = 9.823\text{cm}$; $L_1 = 200.051\text{mm}$; $t_1 = 20.78\text{ s}$.

$$\nabla_{M-PT02-1} = \frac{200.051_{mm}}{20.78_s} * \frac{75.78_{cm^2}}{77.37_{cm^2}} * \ln\left(\frac{250_{mm}}{70_{mm}}\right) = 12.00_{mm/s}$$

2.2- $\phi_2 = 9.819\text{cm}$; $L_2 = 199.903\text{mm}$; $t_2 = 22.05\text{ s}$.

$$\nabla_{M-PT02-2} = \frac{199.903_{mm}}{22.05_s} * \frac{75.72_{cm^2}}{77.37_{cm^2}} * \ln\left(\frac{250_{mm}}{70_{mm}}\right) = 11.30_{mm/s}$$

2.3- $\phi_3 = 9.814\text{cm}$; $L_3 = 199.214\text{mm}$; $t_3 = 20.99\text{ s}$.

$$\nabla_{M-PT02-3} = \frac{199.214_{mm}}{20.99_s} * \frac{75.65_{cm^2}}{77.37_{cm^2}} * \ln\left(\frac{250_{mm}}{70_{mm}}\right) = 11.81_{mm/s}$$

Se determina que la permeabilidad para el diseño:

- M-PT02 es el promedio resultando = $11.70_{mm/s}$

Tabla 20

Resumen de los resultados de permeabilidad.

DESCRIPCIÓN	PROM. PERM. (mm/seg)	S
M-PT05	14.29	0.45
M-PT04	12.81	0.16
M-PT03	11.96	0.11
M-PT02	11.70	0.37
M-PT01 (P)	11.13	0.69
M-PT06*	10.32	0.80
M-PT11	7.49	0.73
M-PT08	6.96	0.62
M-PT07 (P)	6.52	0.34

Nota: La tabla presenta el resumen de la tasa de infiltración (permeabilidad) de todos los diseños realizados (03 pruebas para cada diseño); además de los valores para su respectiva desviación estándar de cada uno de los diseños propuestos.

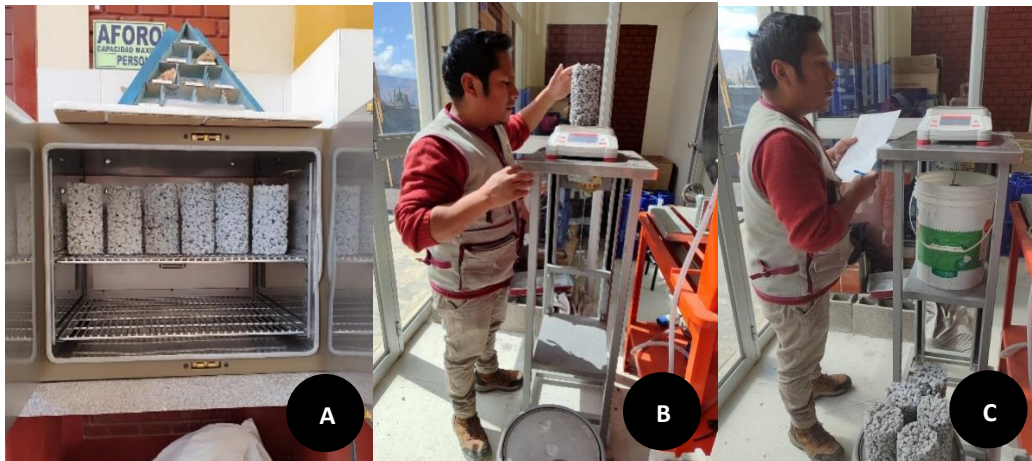
4.1.6.2. Peso unitario y Contenido de vacíos:

El ensayo de peso unitario y contenido de vacíos se realizó según a lo indicado en la norma NPT 339.238 (2018); donde se requiere secar la muestra en un horno a temperatura constante en C° de 110+- 5C° en un lapso de 24 horas +-1h, para que posteriormente se pueda medir el diámetro en dos o tres partes para sacar el promedio; además se procedió a realizar la medición de su longitud en dos o tres medidas para que de la misma manera que el diámetro se obtenga el promedio, finalmente se realiza el pesaje al aire y en agua.

En la figura 29 se puede observar el proceso del ensayo de (P.U.) y contenido de vacíos de los diferentes diseños de mezclas.

Figura 29

Ensayo de peso unitario y contenido de vacíos del concreto poroso.



Nota: Descripción grafica del ensayo realizado en el laboratorio de la UNAT. A) Secado de las muestras a 105 °C; B) Pesaje al aire de las muestras, C) Pesaje al agua de las muestras.

El detalle de los datos obtenidos del ensayo del peso unitario seco y contenido de vacíos se puede visualizar en el anexo 08; el resumen del mismo se presenta en la tabla 21. Los cuales se realizan mediante las siguientes ecuaciones #04 y #05 respectivamente:

$$f = \frac{KA}{D^2L}$$

Donde: K= 1273240 (S.I.); A= masa de la probeta al aire (gr.); D= $\phi_{prom.}$ de la probeta (mm.); L= longitud promedio de la probeta (mm.).

$$\lambda = \left[1 - \left(\frac{k(A - B)}{\rho_w D^2 L} \right) \right] 100$$

Donde: K= 1273240 (S.I.); A= Masa de la probeta al aire en (gr.); D= $\phi_{prom.}$ de la probeta (mm.); L= longitud promedio de la probeta (mm.); B= Masa de la probeta al agua (gr.); ρ_w = densidad del agua (kg/m³).

El peso unitario para el concreto seco (28 días) para el diseño:

1. M-PT01(P): Densidad (P.U.) para M-PT01(P)-1; M-PT01(P)-2 y M-PT01(P)-3

1.1- $\phi_1 = 99.98\text{mm}$; $L_1 = 202.26\text{mm}$; $K = 1273240$ (S.I.); $A_1 = 2518$ gr.

$$f_{M-PT01(P)-1} = \frac{1273240 * 2518 \text{ gr.}}{(99.98\text{mm})^2 * 202.26\text{mm}} = 1585.73 \text{ kg/m}^3$$

1.2- $\phi_2 = 99.99\text{mm}$; $L_2 = 202.14\text{mm}$; $K = 1273240$ (S.I.); $A_2 = 2529$ gr.

$$f_{M-PT01(P)-2} = \frac{1273240 * 2529 \text{ gr.}}{(99.99\text{mm})^2 * 202.14\text{mm}} = 1593.29 \text{ kg/m}^3$$

1.3- $\phi_3 = 100.15\text{mm}$; $L_3 = 201.36\text{mm}$; $K = 1273240$ (S.I.); $A_3 = 2491$ gr.

$$f_{M-PT01(P)-3} = \frac{1273240 * 2491 \text{ gr.}}{(100.15\text{mm})^2 * 201.36\text{mm}} = 1570.39 \text{ kg/m}^3$$

2. M-PT02: Densidad (P.U.) para M-PT02-1; M-PT02-2 y M-PT02-3

2.1- $\phi_1 = 100.18\text{mm}$; $L_1 = 202.37\text{mm}$; $K = 1273240$ (S.I.); $A_1 = 2485$ gr.

$$f_{M-PT02-1} = \frac{1273240 * 2485 \text{ gr.}}{(100.18\text{mm})^2 * 202.37\text{mm}} = 1557.86 \text{ kg/m}^3$$

2.2- $\phi_2 = 100.07\text{mm}$; $L_2 = 202.41\text{mm}$; $K = 1273240$ (S.I.); $A_2 = 2473$ gr.

$$f_{M-PT02-2} = \frac{1273240 * 2473 \text{ gr.}}{(100.07\text{mm})^2 * 202.41\text{mm}} = 1553.44 \text{ kg/m}^3$$

2.3- $\phi_3 = 100.15\text{mm}$; $L_3 = 202.14\text{mm}$; $K = 1273240$ (S.I.); $A_3 = 2476$ gr.

$$f_{M-PT02-3} = \frac{1273240 * 2476 \text{ gr.}}{(100.15\text{mm})^2 * 202.14\text{mm}} = 1554.92 \text{ kg/m}^3$$

Se determina que le densidad (P.U.) para el diseño:

- M-PT01(P) es el promedio resultando = 1583.14 kg/m^3
- M-PT02 es el promedio resultando = 1555.41 kg/m^3

El contenido de vacíos (%) para el concreto seco (28 días) para el diseño:

1- M-PT01(P): Densidad (P.U.) para M-PT01(P)-1; M-PT01(P)-2 y M-PT01(P)-3

1.1- $\emptyset_1 = 99.98\text{mm}; L_1 = 202.26\text{mm}; A_1 = 2518 \text{ gr}; B_1 = 1468 \text{ gr}; \rho_w = 1000\text{kg/m}^3$

$$\lambda_{M-PT01(P)-1} = \left[1 - \left(\frac{1273240 * (2518 - 1468)}{1000 * 99.98^2 * 202.26} \right) \right] * 100 = 33.88\%$$

1.2- $\emptyset_2 = 99.99\text{mm}; L_2 = 202.14\text{mm}; A_2 = 2529 \text{ gr}; B_2 = 1473 \text{ gr}; \rho_w = 1000\text{kg/m}^3$

$$\lambda_{M-PT01(P)-2} = \left[1 - \left(\frac{1273240 * (2529 - 1473)}{1000 * 99.99^2 * 202.14} \right) \right] * 100 = 33.47\%$$

1.3- $\emptyset_3 = 100.15\text{mm}; L_3 = 201.36\text{mm}; A_3 = 2491 \text{ gr}; B_3 = 1485 \text{ gr}; \rho_w = 1000\text{kg/m}^3$

$$\lambda_{M-PT01(P)-3} = \left[1 - \left(\frac{1273240 * (2491 - 1485)}{1000 * 100.15^2 * 201.36} \right) \right] * 100 = 35.68\%$$

2- M-PT02: Densidad (P.U.) para M-PT02-1; M-PT02-2 y M-PT02-3

2.1- $\emptyset_1 = 100.18\text{mm}; L_1 = 202.37\text{mm}; A_1 = 2485 \text{ gr}; B_1 = 1459 \text{ gr}; \rho_w = 1000\text{kg/m}^3$

$$\lambda_{M-PT01(P)-1} = \left[1 - \left(\frac{1273240 * (2485 - 1459)}{1000 * 100.18^2 * 202.37} \right) \right] * 100 = 35.68\%$$

2.2- $\emptyset_2 = 100.07\text{mm}; L_2 = 202.41\text{mm}; A_2 = 2473 \text{ gr}; B_2 = 1462 \text{ gr}; \rho_w = 1000\text{kg/m}^3$

$$\lambda_{M-PT01(P)-1} = \left[1 - \left(\frac{1273240 * (2473 - 1462)}{1000 * 100.07^2 * 202.41} \right) \right] * 100 = 36.49\%$$

2.3- $\emptyset_3 = 100.15\text{mm}; L_3 = 202.14\text{mm}; A_3 = 2476 \text{ gr}; B_3 = 1475 \text{ gr}; \rho_w = 1000\text{kg/m}^3$

$$\lambda_{M-PT01(P)-1} = \left[1 - \left(\frac{1273240 * (2476 - 1475)}{1000 * 100.15^2 * 202.14} \right) \right] * 100 = 37.14\%$$

Se determina que el contenido de vacíos (%) para el diseño:

- M-PT01(P) es el promedio resultando = 34.64%
- M-PT02 es el promedio resultando = 36.44%

Tabla 21*Resultados del ensayo de peso unitario y contenido de vacíos.*

DESCRIPCIÓN	PROM. P.U. SECO (kg/m ³)	COEF. VAR. P.U. (%)	CONTENIDO DE VACÍOS (%)	COEF. VAR. % DE VACÍOS (%)	PROM. PERM. (mm/seg.)
M-PT05	1638.9	0.45	40.42	4.53	14.29
M-PT04	1604.2	1.34	38.70	3.72	12.81
M-PT03	1590.2	1.08	37.53	5.74	11.96
M-PT02	1555.4	0.14	36.44	2.01	11.70
M-PT01 (P)	1583.1	0.74	34.64	4.88	11.13
M-PT06*	1793.0	0.39	31.24	2.78	10.32
M-PT11	1800.3	0.27	22.84	2.49	7.49
M-PT08	1847.5	0.19	21.76	3.57	6.96
M-PT07 (P)	1875.6	0.25	20.96	2.44	6.52

Nota: En la tabla se muestra el resumen de todos los valores respecto al P.U. seco de todos los diseños propuestos además del contenido de vacíos de cada uno de ellos y su respectivo coeficiente de infiltración; gracias a ello se puede evaluar la relación que hay entre cada uno de ellos.

Según la (NTP-339.238, 2018), el coeficiente de variación (C.V) para el P.U. debe estar por debajo de 1.76% y para el contenido de vacíos es de 5.82%. Los valores de la tabla 21 están dentro del parámetro y/o rango indicado, ya que son menores a lo que indica la norma.

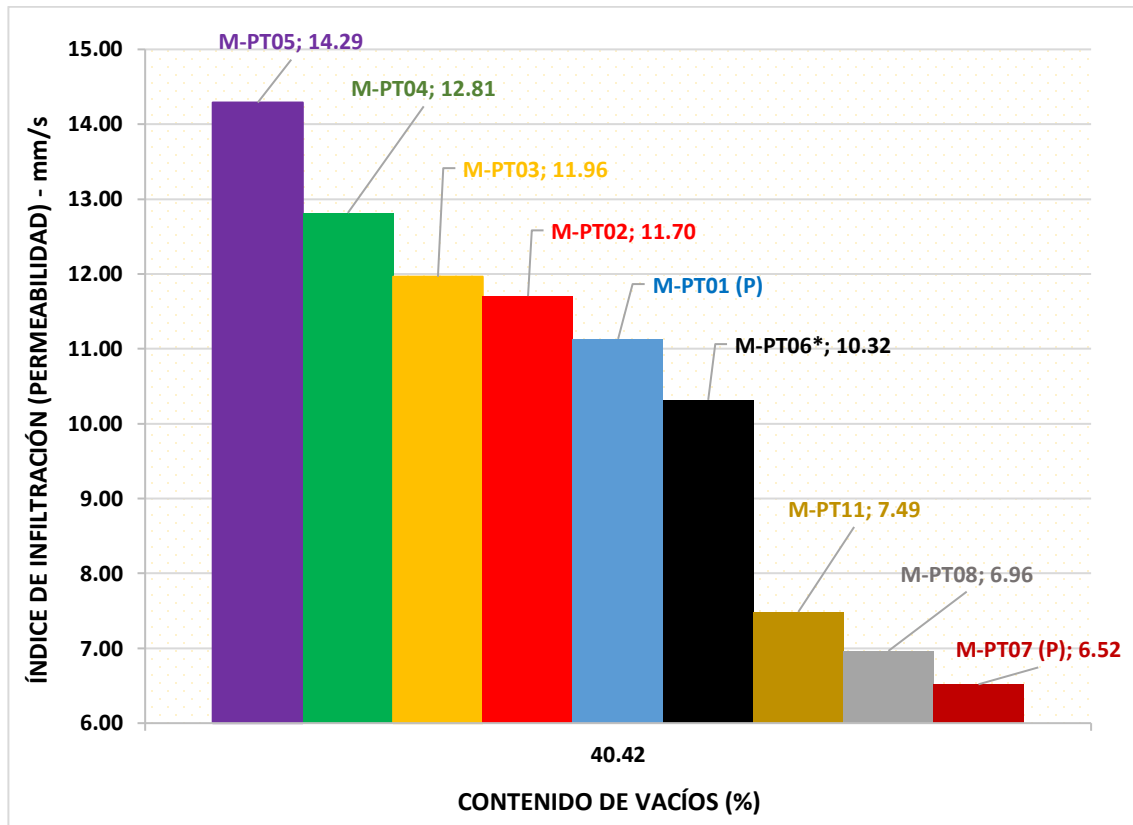
En la figura 30 se puede constatar tal como lo indica la teoría; que la permeabilidad está muy ligada al contenido de vacíos de tal manera que al tener mayor contenido de vacíos se obtiene una mayor permeabilidad.

Además, se visualizó que los valores de los diferentes diseños superan el valor mínimo (1.4mm/s para ser considerado permeable) y por ende se consideran diseños permeables, pero solo los diseños (M-PT07, M-PT08 y M-PT11) contienen menos del 30% de contenido de vacíos lo cual es recomendado por el ACI522R-10, además de ser

los diseños que alcanzan mayor resistencia muy cercanos a los 175 kg/cm² recomendado por la normativa.

Figura 30

Permeabilidad en función del contenido de vacíos.



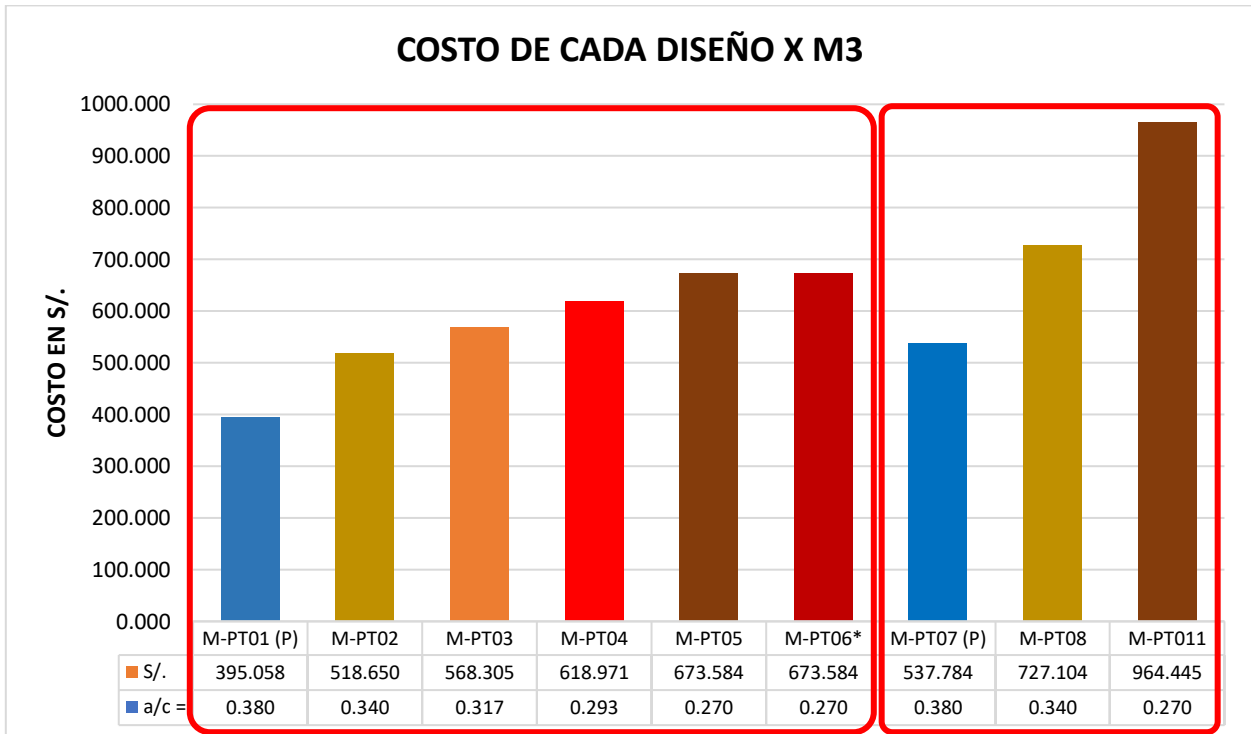
Nota: La presente figura muestra gráficamente la relación que hay entre el índice de infiltración respecto a la cantidad de vacíos; donde se puede constatar que a mayor contenido de vacíos le corresponde mayor tasa de infiltración; también se verifica que todos los diseños superan la tasa mínima requerida en el ACI522R el cual asciende a 1.4 mm/s (para poder ser considerado permeable).

4.1.7. Costo de la elaboración del concreto poroso:

Se realizaron varios diseños y entre ellos se llevó a cabo su respectiva comparación y se evaluó el costo que cada uno de ellos tendría en obra; el detalle del análisis del costo unitario de puede verificar en el anexo 09, El resumen de todos ellos se visualiza en la figura 31.

Figura 31

Costo de la elaboración de cada diseño de concreto poroso.



Fuente: Elaboración propia.

Tal como se puede visualizar en la figura 31, el costo de la preparación y/o elaboración del concreto poroso se va incrementando en medida que la relación a/c va disminuyendo, para poder interpretar con mayor facilidad la figura se dividió en dos partes según el tipo de compactación.

En la primera parte se encuentran los diseños (M-PT01 al M-PT05) de compactación muy ligera y el diseño M-PT06* de compactación ligera para el 30% de vacíos aproximadamente.

En la segunda parte los diseños (M-PT07, M-PT08 y M-PT11) bien compactados para el 22% de vacíos aproximadamente. En donde los diseños (P) representan el prototipo (sin aditivo).

En resumen, se verifica que el costo de cada diseño se incrementa en relación directamente proporcional a la cantidad de aditivo utilizado en cada uno de estos.

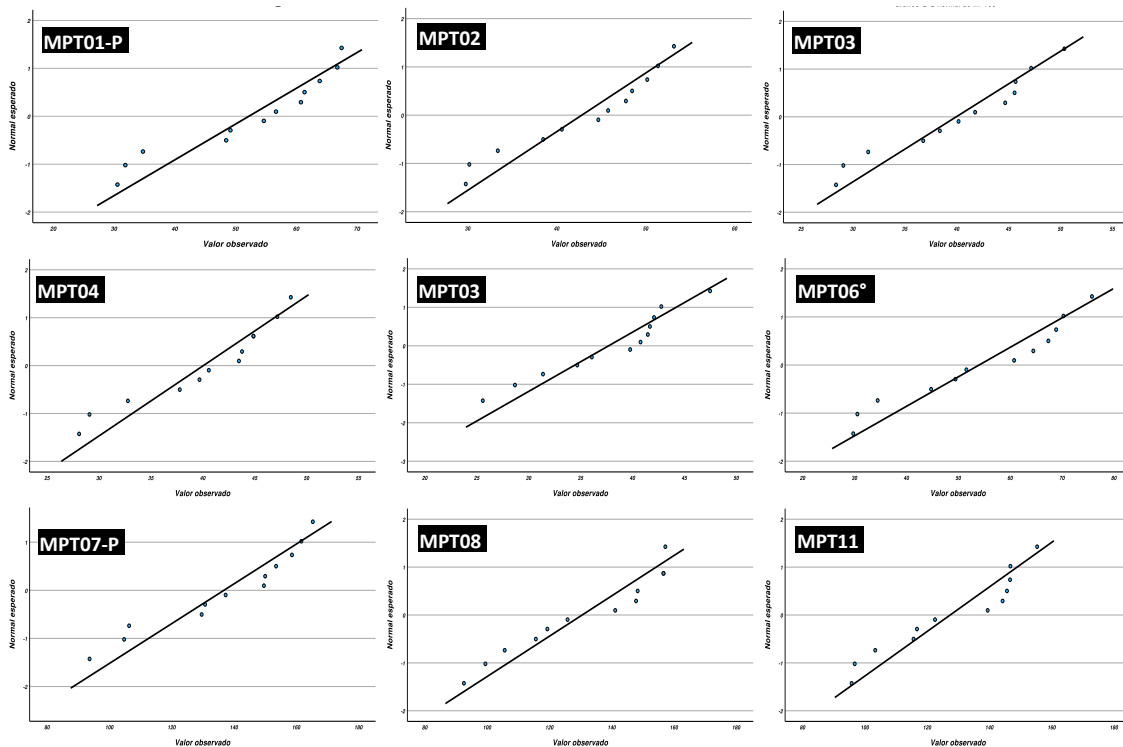
4.1.8. Prueba de Normalidad:

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
MPT01_P	.156	12	.200*	.886	12	.105
MPT02	.173	12	.200*	.912	12	.225
MPT03	.157	12	.200*	.934	12	.420
MPT04	.191	12	.200*	.905	12	.186
MPT05	.209	12	.157	.934	12	.424
MPT06°	.161	12	.200*	.915	12	.245
MPT07_P	.203	12	.187	.907	12	.194
MPT08	.184	12	.200*	.899	12	.155
MPT11	.212	12	.141	.889	12	.115

Nota: Al tener muestras menores a 50 se usa la comparativa con Shapiro – wilk. Y se verifica que para el análisis de normalidad en cada una de las muestras se obtiene una significancia mayor a 0.05 siendo un indicativo que las muestras tuvieron una distribución normal.

Figura 32

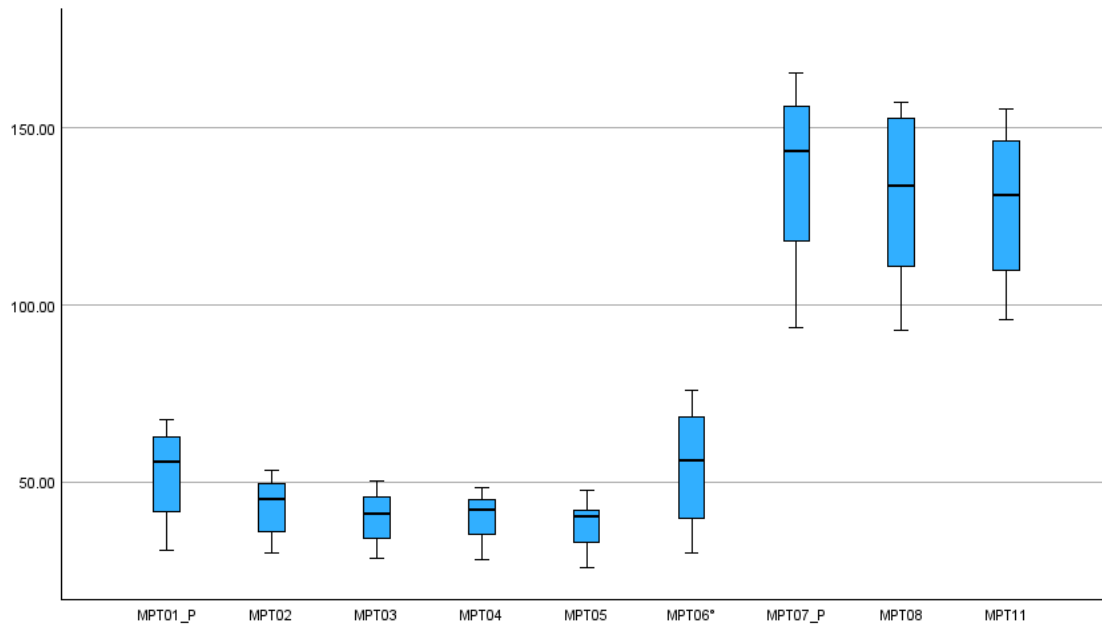
Gráficas de la Distribución Normal.



Nota: En la figura se muestra la distribución normal de los diseños realizados, tanto de la propuesta #01 (MPT01-P al MPT06) y de la propuesta #02 (MPT07-P, MPT08 y MPT11).

Figura 33

Variabilidad entre diseños.



Nota: Muestra gráfica de la variabilidad de los diseños respecto a la capacidad de resistencia a la carga axial aplicada.

4.1.9. Prueba del ANOVA.

Tabla 22

Resultados del ANOVA de un factor.

RESISTENCIA	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	62627.370	8	7828.421	512.046	<.001
Dentro de grupos	275.193	18	15.289		
Total	62902.563	26			

Nota: Al verificar que la significancia es menor a 0.05 se deduce existe al menos un diseño que se difiere respecto al comparado.

Se realiza la prueba post hoc (HSD tukey) para identificar a detalle la variabilidad entre los diseños realizados y cuales guardan una relación de semejanza respecto a su resistencia.

Tabla 23

HSD Tukey; Variable dependiente (Resistencia).

(I) DISEÑO	(J) DISEÑO	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
MPT01_P	MPT02	15.03333*	3.19255	.004	3.8471	26.2196
	MPT03	19.16667*	3.19255	<.001	7.9804	30.3529
	MPT04	20.33333*	3.19255	<.001	9.1471	31.5196
	MPT05	22.13333*	3.19255	<.001	10.9471	33.3196
	MPT06°	-5.60000	3.19255	.709	-16.7862	5.5862
	MPT07_P	-94.16667*	3.19255	<.001	-105.3529	-82.9804
	MPT08	-88.06667*	3.19255	<.001	-99.2529	-76.8804
	MPT11	-83.20000*	3.19255	<.001	-94.3862	-72.0138
MPT02	MPT01_P	-15.03333*	3.19255	.004	-26.2196	-3.8471
	MPT03	4.13333	3.19255	.920	-7.0529	15.3196
	MPT04	5.30000	3.19255	.761	-5.8862	16.4862
	MPT05	7.10000	3.19255	.432	-4.0862	18.2862
	MPT06°	-20.63333*	3.19255	<.001	-31.8196	-9.4471
	MPT07_P	-109.20000*	3.19255	<.001	-120.3862	-98.0138
	MPT08	-103.10000*	3.19255	<.001	-114.2862	-91.9138
	MPT11	-98.23333*	3.19255	<.001	-109.4196	-87.0471
MPT03	MPT01_P	-19.16667*	3.19255	<.001	-30.3529	-7.9804
	MPT02	-4.13333	3.19255	.920	-15.3196	7.0529
	MPT04	1.16667	3.19255	1.000	-10.0196	12.3529
	MPT05	2.96667	3.19255	.988	-8.2196	14.1529
	MPT06°	-24.76667*	3.19255	<.001	-35.9529	-13.5804
	MPT07_P	-113.33333*	3.19255	<.001	-124.5196	-102.1471
	MPT08	-107.23333*	3.19255	<.001	-118.4196	-96.0471
	MPT11	-102.36667*	3.19255	<.001	-113.5529	-91.1804
MPT04	MPT01_P	-20.33333*	3.19255	<.001	-31.5196	-9.1471
	MPT02	-5.30000	3.19255	.761	-16.4862	5.8862
	MPT03	-1.16667	3.19255	1.000	-12.3529	10.0196
	MPT05	1.80000	3.19255	1.000	-9.3862	12.9862
	MPT06°	-25.93333*	3.19255	<.001	-37.1196	-14.7471
	MPT07_P	-114.50000*	3.19255	<.001	-125.6862	-103.3138
	MPT08	-108.40000*	3.19255	<.001	-119.5862	-97.2138
	MPT11	-103.53333*	3.19255	<.001	-114.7196	-92.3471
MPT05	MPT01_P	-22.13333*	3.19255	<.001	-33.3196	-10.9471
	MPT02	-7.10000	3.19255	.432	-18.2862	4.0862
	MPT03	-2.96667	3.19255	.988	-14.1529	8.2196
	MPT04	-1.80000	3.19255	1.000	-12.9862	9.3862

	MPT06°	-27.73333*	3.19255	<.001	-38.9196	-16.5471
	MPT07_P	-116.30000*	3.19255	<.001	-127.4862	-105.1138
	MPT08	-110.20000*	3.19255	<.001	-121.3862	-99.0138
	MPT11	-105.33333*	3.19255	<.001	-116.5196	-94.1471
MPT06°	MPT01_P	5.60000	3.19255	.709	-5.5862	16.7862
	MPT02	20.63333*	3.19255	<.001	9.4471	31.8196
	MPT03	24.76667*	3.19255	<.001	13.5804	35.9529
	MPT04	25.93333*	3.19255	<.001	14.7471	37.1196
	MPT05	27.73333*	3.19255	<.001	16.5471	38.9196
	MPT07_P	-88.56667*	3.19255	<.001	-99.7529	-77.3804
	MPT08	-82.46667*	3.19255	<.001	-93.6529	-71.2804
	MPT11	-77.60000*	3.19255	<.001	-88.7862	-66.4138
MPT07_P	MPT01_P	94.16667*	3.19255	<.001	82.9804	105.3529
	MPT02	109.20000*	3.19255	<.001	98.0138	120.3862
	MPT03	113.33333*	3.19255	<.001	102.1471	124.5196
	MPT04	114.50000*	3.19255	<.001	103.3138	125.6862
	MPT05	116.30000*	3.19255	<.001	105.1138	127.4862
	MPT06°	88.56667*	3.19255	<.001	77.3804	99.7529
	MPT08	6.10000	3.19255	.616	-5.0862	17.2862
	MPT11	10.96667	3.19255	.057	-.2196	22.1529
MPT08	MPT01_P	88.06667*	3.19255	<.001	76.8804	99.2529
	MPT02	103.10000*	3.19255	<.001	91.9138	114.2862
	MPT03	107.23333*	3.19255	<.001	96.0471	118.4196
	MPT04	108.40000*	3.19255	<.001	97.2138	119.5862
	MPT05	110.20000*	3.19255	<.001	99.0138	121.3862
	MPT06°	82.46667*	3.19255	<.001	71.2804	93.6529
	MPT07_P	-6.10000	3.19255	.616	-17.2862	5.0862
	MPT11	4.86667	3.19255	.830	-6.3196	16.0529
MPT11	MPT01_P	83.20000*	3.19255	<.001	72.0138	94.3862
	MPT02	98.23333*	3.19255	<.001	87.0471	109.4196
	MPT03	102.36667*	3.19255	<.001	91.1804	113.5529
	MPT04	103.53333*	3.19255	<.001	92.3471	114.7196
	MPT05	105.33333*	3.19255	<.001	94.1471	116.5196
	MPT06°	77.60000*	3.19255	<.001	66.4138	88.7862
	MPT07_P	-10.96667	3.19255	.057	-22.1529	.2196
	MPT08	-4.86667	3.19255	.830	-16.0529	6.3196

Nota: Se visualiza detalladamente cual es la variabilidad que existe entre cada uno de los diseños respecto a la resistencia a la carga axial evaluada a los 28 días de edad. la simbología (*) indica que la diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05 indicando su variabilidad entre los respectivos diseños elaborados.

Tabla 24*Agrupación de acuerdo al HSD Tukey^(a)*

DISEÑO	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
MPT05	3	43.9333		
MPT04	3	45.7333		
MPT03	3	46.9000		
MPT02	3	51.0333		
MPT01_P	3		66.0667	
MPT06°	3		71.6667	
MPT11	3			149.2667
MPT08	3			154.1333
MPT07_P	3			160.2333
Sig.		.432	.709	.057

Nota: Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. (a) Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000. Resultando tres subgrupos con características similares respecto a su capacidad de resistencia a la carga axial.

4.2. Comprobación de la hipótesis:

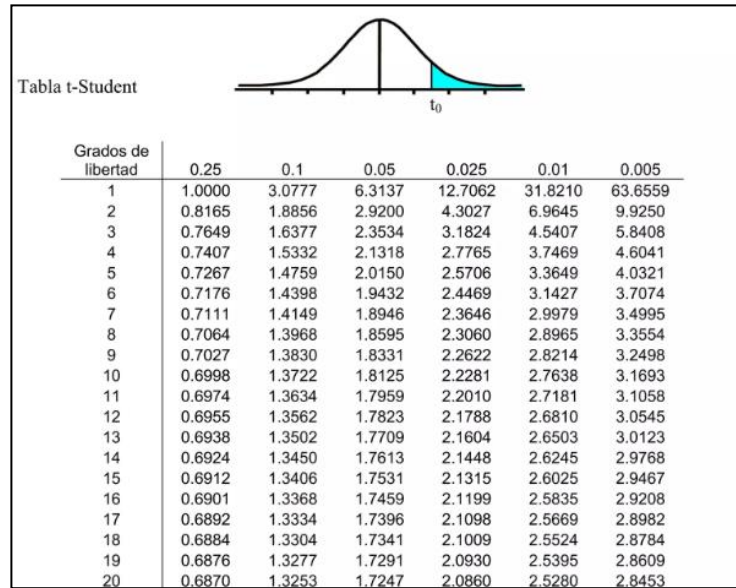
Esta comprobación se realizará mediante la “Prueba t-student”, esta prueba estadística en cuestión se utiliza para verificar y/o evaluar si dos grupos difieren de manera significativa en relación a sus medias en una variable específica (HERNÁNDEZ SAMPIERI, 2014). En el caso en el que existan varias variables; se realiza esta prueba para cada una de ellas.

En primer lugar, se debe determinar el valor de t, para que seguidamente ese valor se compare con el valor t_{tabla} . (Se debe tener en cuenta los grados de libertad y estos se obtienen de $(n-1)$ donde n representa a la cantidad de datos, también se toma en cuenta el nivel de significancia). Si se determina que el valor de $t_{\text{calculado}} \geq \text{valor } t_{\text{tabla}}$ se refuta la hipótesis nula (H_0) y se da por aceptado la hipótesis alterna (H_1).

El valor t_{tabla} se obtiene interceptándolo de acuerdo a los grados de libertad y el nivel de significancia en la tabla t-Student mostrada en la figura 34.

Figura 34

Parte de la tabla t-Student



Fuente: recopilada de internet (<https://es.slideshare.net/slideshow/tabla-distribucion-t-de-student/55217172>).

La siguiente fórmula se obtuvo del centro de recursos en línea de Hernández (2014), y nos permite determinar el valor de “t” para dos muestras comparadas entre sí, y se representa de la siguiente manera:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}\right)}} \quad (17)$$

Donde \bar{X}_1 y \bar{X}_2 representan la Media de la muestra 1 y 2 respectivamente, S_1^2 y S_2^2 a la Desviación estándar al cuadrado de la muestra 1 y 2, por último n_1 y n_2 representan al tamaño de las muestras.

Para “t”; para una muestra y una media poblacional se realiza con la siguiente fórmula.

$$t = \frac{\bar{X} - m}{S/\sqrt{n}} \quad (18)$$

Donde \bar{X} representa a la Media de la muestra, m a la Media poblacional, S simboliza la desviación estándar y n representa el tamaño de la muestra.

4.2.1. Comprobación de la hipótesis para el $f'c$:

En la tabla 25 se puede observar la obtención de los resultados durante la prueba “t” para cada diseño de concreto poroso del (M-PT02 al M-PT05) frente al M-PT01 (P); del (M-PT07, M-PT08 y M-PT11) frente al M-PT07 (P). Se realiza la prueba “t” para una cola a la derecha ya que se busca encontrar valores superiores de acuerdo a la hipótesis alterna, Para ello se utilizó la fórmula para dos muestras considerando:

H_0 : Ninguno de los diseños de concreto poroso (a base de cemento portland tipo V) y aditivo SikaFume supera la resistencia a la compresión “ $f'c$ ”, del concreto poroso patrón (P).

H_1 : Algún diseño de concreto poroso (a base de cemento portland tipo V) y aditivo SikaFume supera la resistencia a la compresión “ $f'c$ ”, del concreto poroso patrón (P).

Para ellos también se tomó varias consideraciones tales como:

Nivel de Confiabilidad del 95%; entonces $\alpha = 0.05$, $GL = 4$ y $t_{\text{tabla}} = 2.1318$

Para determinar el valor de t para dos muestras comparadas entre si tenemos:

$$t = \frac{51.003 - 66.067}{\sqrt{\left(\frac{2.371^2}{3} + \frac{1.909^2}{3}\right)}}$$

$$t = -8.5537$$

Tabla 25

Prueba "t-Student" para el $f'c$ (Diseño con SikaFume Vs Patrón)

DISEÑO	$f'c$ PROMEDIO	S	n	t	CONCLUSIÓN
M-PT01 (P)	66.067	1.909	3		
M-PT02	51.033	2.371	3	-8.5537	Se acepta H_0
M-PT03	46.900	3.064	3	-9.1956	Se acepta H_0
M-PT04	45.733	2.458	3	-11.3157	Se acepta H_0
M-PT05	43.933	3.156	3	-10.3928	Se acepta H_0
M-PT06*	71.667	3.647	3	2.3562	No se acepta H_0
M-PT07 (P)	160.233	6.035	3		
M-PT08	154.133	4.974	3	-1.3509	Se acepta H_0
M-PT11	149.267	5.335	3	-2.3581	Se acepta H_0

Nota: El valor de $t_{\text{calculado}}$ se compara con el valor de t_{tabla} y si este resulta ser menor se acepta la hipótesis nula, si resulta ser mayor se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Se concluye que; para la propuesta #01 en todos los casos donde el nivel de compactación fue realizado con los parámetros (muy ligeramente compactada) los diseños de mezcla de concreto poroso con cemento portland tipo V y aditivo SikaFume no superan la resistencia a la compresión “f’c” del concreto poroso patrón (P), mientras que para el sistema de compactación establecida como (ligeramente compactada); sí se logró obtener una resistencia a la carga axial mayor que el prototipo propuesto (P).

Consecuentemente en la tabla 26 se visualiza la obtención de resultados durante la prueba “t” para cada diseño de concreto poroso (Con aditivo Sika Fume y el patrón (P)) frente a la resistencia a la compresión requerida según la normativa (RNE-CE.010, 2010), donde se menciona que la resistencia mínima requerida es de 175 kg/cm²; Por ello se utilizó la fórmula estipulada para una muestra y una media poblacional considerando:

H₀: Ninguno de los diseños de concreto poroso supera la resistencia a la compresión de 175 kg/cm² requerido por la norma (RNE-CE.010, 2010).

H₁: Algún diseño de concreto poroso supera la resistencia a la compresión de 175 kg/cm² requerido por la norma (RNE-CE.010, 2010).

Para ellos también se tomó varias consideraciones tales como: El nivel de Confiabilidad del 95%; entonces $\alpha = 0.05$, GL = 2 y t_{tabla} = 2.9200

Tabla 26
Prueba "t-Student" para el f’c (Diseño con SikaFume y Patrón Vs CE.010)

DISEÑO	f’c PROMEDIO	S	n	t	CONCLUSIÓN
M-PT01 (P)	66.067	1.909	3	-98.8489	Se acepta Ho
M-PT02	51.033	2.371	3	-90.5459	Se acepta Ho
M-PT03	46.900	3.064	3	-72.4064	Se acepta Ho
M-PT04	45.733	2.458	3	-91.0770	Se acepta Ho
M-PT05	43.933	3.156	3	-71.9201	Se acepta Ho
M-PT06*	71.667	3.647	3	-49.0705	Se acepta Ho
M-PT07 (P)	160.233	6.035	3	-4.2379	Se acepta Ho
M-PT08	154.133	4.974	3	-7.2658	Se acepta Ho
M-PT11	149.267	5.335	3	-8.3544	Se acepta Ho

Nota: El valor de t_{calculado} se compara con el valor de t_{tabla} y si este resulta ser menor se acepta la hipótesis nula, si resulta ser mayor se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Se concluye que; en todos los casos los diseños de mezcla de concreto poroso (a base de cemento portland tipo V) y los diseños que contienen dosis de aditivo SikaFume; No superan la resistencia a la compresión de 175 kg/cm² requerido por la Norma (RNE-CE.010, 2010).

4.2.2. Comprobación de la hipótesis para permeabilidad:

En la tabla 27 se plasman los resultados de la prueba “t” para los diferentes diseños de concreto poroso del (M-PT01 al M-PT11), en comparación con la tasa de infiltración mínima establecida en el ACI 522R-10; Para llevar a cabo este análisis se utilizó la fórmula establecida para una muestra y una media poblacional considerando:

H₀: La tasa de infiltración del concreto poroso (a base de portland tipo V) y SikaFume está por debajo del valor mínimo de 1.40 mm/s según el (ACI-522R, 2006)

H₁: La tasa de infiltración del concreto poroso (a base de cemento portland tipo V) y SikaFume son mayores al valor mínimo de 1.40 mm/s según él (ACI-522R, 2006).

Para ellos también se tomó varias consideraciones tales como:

Nivel de Confiabilidad del 95%; entonces $\alpha = 0.05$, GL = 2 y $t_{\text{tabla}} = 2.9200$

Tabla 27

Prueba "t-Student" para la permeabilidad según el ACI 522R-10 (1.4mm/s).

DISEÑO	K PROMEDIO (mm/s)	S	n	t	CONCLUSIÓN
M-PT01 (P)	11.133	0.689	3	24.4595	No se acepta Ho
M-PT02	11.704	0.367	3	48.6612	No se acepta Ho
M-PT03	11.962	0.110	3	165.8013	No se acepta Ho
M-PT04	12.815	0.158	3	125.4515	No se acepta Ho
M-PT05	14.290	0.452	3	49.3873	No se acepta Ho
M-PT06*	10.318	0.800	3	19.3066	No se acepta Ho
M-PT07 (P)	6.519	0.342	3	25.9259	No se acepta Ho
M-PT08	6.965	0.624	3	15.4354	No se acepta Ho
M-PT11	7.485	0.726	3	14.5185	No se acepta Ho

Nota: El valor de $t_{\text{calculado}}$ se compara con el valor de t_{tabla} y si este resulta ser menor se acepta la hipótesis nula, si resulta ser mayor se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Se concluye que las tasas de infiltración de los diferentes diseños de concreto poroso tanto la propuesta #01 (MPT01_(P) al MPT06°), como la propuesta #02 (MPT07_(P), MPT08 y MPT11); están por encima del valor mínimo de 1.40 mm/s establecido en el (ACI-522R, 2006).

4.3. Discusión de resultados:

4.3.1. *Diseño y elaboración del concreto poroso:*

Para poder determinar la relación de a/c que se usó en los diseños de cada mezcla se realizó la elaboración de probetas cilíndricas de prueba para que de esa manera se pueda evitar que la pasta de cemento fluya hasta la base de la probeta ocasionando el cierre de los poros, esto fue contrastado con los parámetros recomendados por el ACI 522R-10.

Para determinar la cantidad o dosis de aditivo para cada reducción de agua correspondiente a cada diseño, se realizó en base a la ficha técnica del SikaFume el cual indica que los valores varían entre el 5 y 10% del contenido de cemento, además se relacionó con el porcentaje de reducción de agua la cual varió entre el 15 y 30%.

En el momento de medir el asentamiento de los diseños (M-PT01 al MPT06°) los cuales deberían contener al menos 30% de contenido de vacíos, al momento de levantar el cono de abrams las muestras obtuvieron los mayores asentamientos que variaron entre 135 y 145 mm. Los cuales se encuentran en el rango “Muy Plástico”, a la vez que se visualizó que la pasta permanecía estable por ello se determinó apto para los diferentes diseños.

Para medir el asentamiento para los diseños (M-PT07, M-PT08 y el MPT11) los cuales deberían contar con 22% de vacíos aproximadamente, al momento de levantar el cono de abrams las muestras obtuvieron los menores asentamientos que variaron entre 7 y 10 mm. Los cuales se encuentran en el rango de consistencia “Rígido”, la pasta permaneció bastante estable y no fue necesario realizar probetas para verificar la consistencia de la pasta.

Debido a que no se cuenta con un diseño estándar para la elaboración de concretos porosos, se propuso tres tipos de compactación; muy ligeramente compactado (realizado con la varilla del cono de abrams, con 15 golpes de 10 cm. De altura en tres capas de igual espesor), ligeramente compactado (realizado con una bloqueta cilíndrica de concreto de 3” X 4” con 15 golpes de 5cm. De altura en tres capas de igual espesor), y bien compactado (realizado con el martillo Proctor estándar con 15 golpes en tres capas

de igual espesor). De esta manera se establece un punto de partida para realizar la evaluación del comportamiento del concreto poroso aplicando SikaFume y cemento portland tipo V.

4.3.2. Resistencia a la compresión del concreto poroso:

La disminución de la evolución del concreto poroso (a base de cemento portland tipo V) y SikaFume pudo haber sido ocasionado debido a que no contamos con una piscina de curado de probetas, en algunas ocasiones cuando se retiraban probetas de las tinas de curado, estas se encontraban expuestas parcialmente al aire hasta que sea llenado otra vez, aquello pudo haber ocasionado la creación de zonas menos resistentes en comparación de las probetas que permanecieron todo el tiempo sumergido en agua.

Los valores indicados en la tabla 19, fueron determinados a través de probetas de concreto normal (sin aditivos) y contenido de vacíos mínimos, estos valores se utilizaron para realizar el respectivo control de calidad del concreto poroso de la presente investigación. La estructura porosa de los prototipos realizados en la presente investigación contempla que la distribución y/o repartimiento de las fuerzas se realice mediante los puntos de contacto y la capa de pasta de cemento que los une, esto ocasionó que aumenten las variaciones, por ende, no se llegue a los valores del ACI 214R-11(28) utilizado para el control de resistencia a la compresión del concreto.

La resistencia de la compresión obtenida a los 28 días muestra una tendencia decreciente respecto al incremento del aditivo SikaFume, contrariamente a las resistencias obtenidas por Salís (2016) quien utilizó otro tipo de aditivo (Superplastificante SikaCem); indica que los valores de la resistencia van incrementando mientras incrementa el aditivo.

El diseño M-TP07 (P) mostró la mayor resistencia de entre todos los diseños realizados, el cual llegó a un valor promedio de 160 kg/cm², muy cerca del valor indicado por la Norma CE.010 el cual menciona que el valor requerido es de 175 kg/cm². debido a que el diseño M-PT07 (P) mostró un mayor contenido de vacíos en estado seco y que no contó con aditivo SikaFume.

Los diseños M-TP08 y M-PT11 llegaron a obtener una resistencia a la compresión por encima de los 150 kg/cm², esto indica que en un diseño con mayor compactación (número de golpes y/o número de capas) se podría alcanzar y superar los 175 kg/cm² lo mínimo requerido por la Norma CE.010 – para el uso de concreto en vías urbanas.

4.3.3. Permeabilidad del concreto poroso:

La permeabilidad de los diferentes diseños elaborados está relacionado directamente proporcional al contenido de vacíos, quiere decir que a mayor contenido de vacíos; mayor será la permeabilidad. Por ello se pudo notar que mientras la resistencia a la compresión va en aumento; la permeabilidad se comporta de manera decreciente, esto debido a la el contenido de vacíos va disminuyendo. Siendo que el diseño M-PT01 (P) tiene menor permeabilidad (11.13 mm/s) de su grupo que fueron diseñados con una compactación muy ligero (M-PT01 al M-PT05) cuyos valores se encuentran desde el 11.3 - 14.29 mm/s. De la misma manera que el diseño M-PT07 (P), Tiene menor permeabilidad (6.52 mm/s) de su grupo diseñados con una compactación “Bien compactado” (M-PT07 al M-PT11) cuyos valores se encuentran desde el 6.52 – 7.49 mm/s.

La tasa de infiltración (permeabilidad) del concreto poroso de la presente investigación supera ampliamente al valor mínimo sugerido por el ACI 522R-10 (2) de 1.4 mm/s debido a que se considera ese valor para un contenido de vacíos del 15 %, en nuestro caso ese porcentaje es ampliamente mayor ya que varía desde los 20.96 al 40.42% de vacíos en concreto seco.

4.3.4. Costo del concreto poroso:

Se realizó un análisis de costos unitarios (A.C.U.) para la elaboración de los diferentes diseños, en donde se pudo apreciar que a medida que se reduce la relación a/c el costo de elaboración aumenta, esto debido a que también se incrementa la cantidad del aditivo SikaFume, se incrementa la cantidad de cemento para obtener el mismo volumen de pasta.

Para la elaboración de los diferentes diseños en referencia a la resistencia a la compresión, no justifica el uso del aditivo SikaFume, ya que el diseño M-PT07 (P) requiere un costo de elaboración de S/. 537.78 por m³ y ofrece una resistencia de 160.23 kg/cm². Mientras que el diseño M-PT08 requiere un costo de elaboración de S/. 727.10 por m³ y ofrece una resistencia de 154.13 kg/cm², Aunque le brinda características particulares como: Alta estabilidad del concreto fresco, resistencia a la congelación y la sal, resistencia a la penetración de cloruros y mayor durabilidad. Pero pierde resistencia a la compresión mientras más porcentaje de aditivo se utilice.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENACIONES

5.1. Conclusiones:

- ✓ La resistencia mecánica del concreto poroso (a base de cemento portland tipo V) al adicionarle el aditivo SikaFume es afectado de forma negativa, ya que el concreto poroso elaborado llegó a alcanzar resistencias a la compresión promedio menores respecto al concreto poroso (prototipo) sin aditivo, todos alcanzaron una tasa de infiltración que varían desde 6.52 al 14.29 mm/s. muy por encima de los 1.4 mm/s. que se indica en el reporte del ACI 522R-10. Gracias al cemento portland tipo V se asegura una mayor durabilidad respecto al cemento común.
- ✓ Se logró encontrar la proporción de relación a/c en el rango de 12 a 30%, realizando pruebas previas (mediante elaboración de probetas), en donde se estableció la proporción de dosis indicada, respaldada además por la ficha técnica en la cual menciona que la proporción recomendada varia de 5 a 10% de la cantidad del cemento.
- ✓ Se verificó la alta sensibilidad del concreto poroso respecto al uso del aditivo SikaFume debido a que: el los diseños de 30% de vacíos, el prototipo M-PT01 (Sin aditivo SikaFume) llega a obtener 66.07 kg/cm² de resistencia a la compresión y sus diseños con aditivo (del M-PT02 al M-PT05) llegan a obtener resistencias por debajo de 47.93 kg/cm². Y los diseños de 22% de vacíos, el prototipo M-PT07 (Sin aditivo SikaFume) llega a obtener 160.23kg/cm² de resistencia a la compresión y sus diseños con aditivo (del M-PT08 y M-PT11) llegan a obtener resistencias por debajo de 148.6 kg/cm².
- ✓ Se constató que el cemento portland tipo V es favorable respecto al uso y diseño del concreto poroso, ya que ayuda a conseguir mayores resistencias respecto al uso de los otros tipos de cemento. Los prototipos M-PT01 Y M-PT07 son muestras de ello, aunque la cantidad de vacíos, y los niveles de compactación son factores que influyen directamente en la resistencia a la compresión del concreto poroso.
- ✓ Se pudo verificar que el aditivo SikaFume es desfavorable respecto al uso en el concreto poroso, ya que a medida en que aumenta su proporción disminuye capacidad de resistir cargas compresivas de los diferentes diseños realizados en la presente

investigación, además de disminuir la trabajabilidad y la porosidad (el polvo de micro sílice llena vacíos del agregado reduciendo la interconectividad de los poros).

- ✓ Con respecto a la ficha técnica del cemento portland tipo V, se puede deducir que este cemento brinda características particulares al concreto, como la resistencia a los sulfatos, adecuados para su uso en ambientes agresivos como plantas de tratamiento de aguas, alcantarillas, estructuras marinas (áreas costeras), losas de concreto expuestas a sales y productos químicos.

5.2. Recomendaciones:

- ✓ Es importante establecer el porcentaje de vacíos ente el 15 y el 30%, recomendando el menor porcentaje posible para poder obtener mayores resultados en cuanto a la resistencia a la compresión ($f'c$) además de una buena tasa de infiltración (permeabilidad) superior al 1.4 mm/s.
- ✓ Realizar diseños previos (probetas) para identificar la correcta relación a/c, para que de esta manera se pueda evitar que el mortero fluya hasta la base de los moldes, ya que es una característica particular del concreto poroso la alta sensibilidad a la presencia del agua. Se recomienda el tipo de compactación “Bien compactado” mediante un martillo Marshall realizando pruebas para determinar la cantidad de golpes y el número de capas adecuados; lo que evitará que haya grandes espacios vacíos dentro de las probetas ocupando mejor los espacios entre el agregado grueso y se pueda alcanzar el peso adecuado para cada probeta.
- ✓ Para reducir los coeficientes de variación tanto para la resistencia a la compresión, como para los niveles de infiltración (permeabilidad) se recomienda realizar mayor número de probetas por cada diseño de mezcla disminuyendo de así el coeficiente de variación y de esta manera llegar a obtener un mayor grado de control.
- ✓ Es indispensable seguir realizando más investigaciones en las que se evalúe el comportamiento del SikaFume, sobre todo en obras con alto grado de exposición a sulfatos, sales y congelamiento; ya que este aditivo brinda mayor resistencia y por ende mayor durabilidad.
- ✓ que puedan ofrecer resultados más precisos y eficientes.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 360 EN CONCRETO. (09 de 2016). *Ensayo de asentamiento del concreto NTC 396 [Fotografía]*. 360-en concreto: <https://360enconcreto.com/blog/detalle/ensayo-de-asentamiento-del-concreto/>
- A. Toimil, I. L. (2016). Metodología para el análisis del efecto del cambio climático en la inundación costera: aplicación a Asturias *Methodology for the analysis of climate change on coastal flooding: Application to Asturias. ScienceDirect.* <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.riba.2016.07.004>
- ACI-116R. (2020). *Ensayo de consistencia del concreto.*
- ACI-522R. (2006). *CONCRETO POROSO.*
- Ganesh Prabhu Ganapathy, A. S. (2019). Effects of fly ash and silica fume on alkalinity, strength and planting characteristics of vegetation porous concrete.
- Ganesh Prabhu Ganapathy, A. S. (2023). Effects of fly ash and silica fume on alkalinity, strength and planting characteristics of vegetation porous concrete. *ELSEVIER.* <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.04.029>
- Ghufran H. Faisal, A. J.-G. (2020). Reducción de DBO y DQO mediante pavimentos de hormigón poroso. *ELSEVIER.* <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00396>
- Hariyadia, H. T. (2015). Enhancing the performance of porous concrete. *ELSEVIER*, 732-738. <https://doi.org/doi:10.1016/j.proeng.2015.11.116>
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, R. (2014). *Metodología de la Investigación.* McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. <https://doi.org/ISBN:978-1-4562-2396-0>
- Hernández, S. (2014). *Metodología de la Investigación.* McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- I. M. H. Perera, C. J. (2019). Design of a porous concrete mixture for drainage coverslab in pedestrian walkways. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.08.080>

- INACAL. (Abril de 2022). *Normas Técnicas Peruanas*. Instituto Nacional de Calidad:
<https://normalizacion.inacal.gob.pe/>
- IPCC. (2018). Calentamiento global de 1,5 °C. *The Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC).
https://doi.org/https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_es.pdf
- Jerzy Wawrzeniczyk, W. (2015). A method of analyzing the porous microstructure in air-entrained concrete on the basis on 2D image analysis.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.06.124>
- Municipalidad Distrital de Olmos. (2018). *INFORME DE EVALUACIÓN DE RIESGO POR LLUVIAS INTENSAS EN EL SECTOR 1 – CASERÍO LAS POZAS Y LOS SÁNCHEZ, DISTRITO DE OLMOS, PROVINCIA DE LAMBAYEQUE, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE*. CENEPRED.
- NPT-339.034. (2015). *Ensayo para determinar la resistencia a la compresión del concreto*. INACAL.
- NPT-339.035. (2009). *Norma para realizar el ensayo de asentamiento del concreto*. INACAL.
- NPT-339.185. (2019). *Ensayo para determinar el contenido de humedad*. INACAL.
- NPT-339.230. (2010). *Ensayo para determinar la densidad y el contenido de vacíos*. INACAL.
- NPT-339.238. (2018). *Ensayo de densidad y contenido de vacíos en concreto endurecido*. INACAL.
- NPT-400.017. (2011). *Determinación del peso unitario suelto y compactado*. INACAL.
- NPT-400.021. (2018). *Ensayo para el peso específico del agregado grueso*. INACAL.
- NPT-400.022. (2018). *Norma para determinar el peso específico y porcentaje de absorción*. INACAL.
- NPT-400.037. (2018). *Norma que establece los requisitos de los agregados*. INACAL.
- NPT-339.047. (2019). *Norma que defina diferentes terminos*. INACAL.
- NPT-339.078. (2012). *Resistencia a la tracción por flexión*.

- NTP-339.238. (2018). *Norma que regula el ensayo para determinar la densidad y el contenido de vacíos*. ANACAL.
- NTP-400.011. (2008). *Norma que realiza las definiciones de los agregados utilizados para morteros*. INACAL.
- NTP-400.012. (2018). *Ensayo de granulometría*. INACAL.
- NTP-400.019. (2014). *Directivas para realizar el ensayo de abrasión*. INACAL.
- NTP-400.037. (2018). *Requisitos de los agregados para concreto*. INACAL.
- Pingping Luo, L. L. (2022). Influence assessment of new Inner Tube Porous Brick with absorbent concrete on urban floods control .
- Portillo, G. (2021). *Lluvia torrencial: causas, consecuencias y qué hacer*. Ecología Verde: <https://www.ecologiaverde.com/lluvia-torrencial-causas-consecuencias-y-que-hacer-4624.html>
- RNE-CE.010. (2010). *Pavimentos Urbanos*. Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Roberto Rodríguez Alvaro Sindy Seara Paz, B. (2021). Waste-Based porous materials as water reservoirs for the internal curing of Concrete. A review . *EL SEVIER*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124244>
- S&P. (2024). *Sostenibilidad y Eficiencia Energética*. Construcción sostenible, estos son los materiales más utilizados: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/construccion-sostenible/>
- Tamayo, M. (2003). *El Proceso de investigación científica*. Editorial Limusa.
- Tlatempa*, G. E. (2012). Criterios geológico-hidrológicos para recomendaciones del uso de suelo en zonas conurbadas sujetas a afectaciones por lluvias intensas. Caso de estudio: sur de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- Villanueva, K. J. (2020). *Influencia de diferentes porcentajes del agregado fino en las propiedades mecánicas e hidráulicas de un concreto permeable*.

ANEXOS

TITULO: "Evaluación del Concreto Poroso f c 210 kg/cm2 aplicando Sika Fume y Cemento Portland tipo V"

ORIENTACIÓN	PROBLEMAS	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA	
							DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	DATOS A RECOLECTAR
ENFOQUE	¿Cuál es el impacto de la adición del aditivo Sikafume y el uso de cemento Portland tipo V en el concreto poroso Fc 210 kg/cm2 en términos de sus propiedades: mecánicas, permeabilidad y durabilidad?	GENERAL	GENERAL	INDEPENDIENTE	DEPENDIENTE	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	MUESTRA
PARADIGMA	La adición del aditivo Sikafume y el uso de cemento Portland tipo V en el concreto poroso Fc 210 kg/cm2 tendrán un impacto positivo en sus propiedades mecánicas, permeabilidad y durabilidad.	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	DEPENDIENTE	DEPENDIENTE	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	MUESTRA
TIPO	1. ¿Puede usarse el Sika Fume para reducir la cantidad de agua en el rango 12 a 30% (prototipo)? 2. ¿Cuánto afecta la adición del Sikafume en el concreto poroso Fc 210 kg/cm2 en cuanto a su resistencia mecánica? 3. ¿Cuál es el efecto de la adición del cemento Portland tipo V sobre el concreto poroso Fc 210 kg/cm2 en cuanto a su resistencia mecánica?	1. La adición de Sikafume al concreto poroso con Fc de 210 kg/cm2 en un rango del 12 al 30% de reducción de agua, no afectará negativamente la resistencia mecánica del concreto. 2. La incorporación de Sikafume al concreto poroso con Fc de 210 kg/cm2 mejorará su resistencia mecánica en comparación con el concreto sin Sikafume. 3. El uso de cemento Portland tipo V en el concreto poroso con Fc de 210 kg/cm2 mejorará su resistencia mecánica en comparación con otros tipos de cemento.	1. Evaluar el impacto de la adición de Sikafume en la resistencia mecánica del concreto poroso con Fc de 210 kg/cm2 cuando se reduce la cantidad de agua en un rango del 12 al 30%. 2. Comparar la resistencia mecánica del concreto poroso con Fc de 210 kg/cm2 con y sin la adición de Sikafume. 3. Comparar la resistencia mecánica del concreto poroso con Fc de 210 kg/cm2 utilizando cemento Portland tipo V con otros tipos de cemento.	Relación a/c Resistencia mecánica del concreto	a/c Resistencia a la compresión Fc Resistencia a la tracción por flexión	1. Cantidad de aditivo 2. peso del aditivo 3. peso del cemento 1. Relación a/c 2. Ensayo de compresión axial	POBLACIÓN	MUESTRA
ALCANCE O NIVEL	1. ¿Cuál es el impacto del Sikafume en cuanto a las características físicas del concreto poroso Fc 210 kg/cm2? 2. ¿Cómo influye el cemento Portland tipo V en referencia a las características físicas del concreto poroso Fc 210 kg/cm2?	1. La adición de Sikafume al concreto poroso con Fc de 210 kg/cm2 impactará positivamente las características físicas, como la porosidad y la densidad. 2. El uso de cemento Portland tipo V en el concreto poroso con Fc de 210 kg/cm2 influirá en las características físicas mejorando su resistencia contra agentes agresivos (sulfatos).	1. Evaluar el impacto de la adición de Sikafume en las características físicas del concreto poroso con Fc de 210 kg/cm2, específicamente en la porosidad y la densidad. 2. Evaluar el impacto del uso de cemento Portland tipo V en las características físicas del concreto poroso con Fc de 210 kg/cm2, específicamente en la porosidad y la permeabilidad.	Características físicas del concreto permeabilidad porosidad	permeabilidad porosidad	1. Relación a/c 2. Ensayo de permeabilidad 2. Relación a/c 3. Contenido de vacíos	TÉCNICA DE MUESTREO	TÉCNICA DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE TAYACAJA
DANIEL HERNÁNDEZ MORILLO
- INGENIERÍA CIVIL -



CONSTANCIA DE REALIZACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Mediante la presente, se deja constancia que el Tesista de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja - Daniel Hernández Morillo, el Sr. TAPIA TITO ERICK PAUL identificado con con DNI N° 44732040, realizó en el Laboratorio de Materiales y Concreto SL03LA04 de dicha universidad (UNAT) los ensayos necesarios para desarrollar su trabajo de investigación de tesis titulado "EVALUACIÓN DEL CONCRETO POROSO F´C 210 KG/CM2 APLICANDO SIKAFUME Y CEMENTO PORTLAND TIPO V"; durante el período comprendido entre el 01/12/2023 y el 31/07/2024; estos ensayos realizados fueron:

1. Caracterización del agregado grueso.
 - Granulometría
 - Contenido de Humedad
 - Peso Unitario Suelto y Compactado
 - Peso Específico y % de Absorción
2. Caracterización del concreto poroso (Estado fresco).
 - Asentamiento (Slump)
 - Peso unitario y Contenido de Vacíos
3. Elaboración de Probetas Cilíndricas.
 - Probetas Cilíndricas de 6X12" (30% Y 22% Vacíos)
4. Caracterización del concreto poroso (Estado endurecido)
 - Resistencia a la Compresión
 - Peso unitario y Contenido de Vacíos
 - Índice de infiltración

Se expide esta constancia a solicitud del interesado, para los fines convenientes.

Pampas, 01 de agosto del 2024.

ASESOR DE TESIS
MG. MURGA TIRADO, CHRISTIAN EDINSON
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9672-3198>

RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS POR EL TESISISTA:

1. Ensayos para la caracterización del agregado grueso de 1/2":
 - Análisis Granulométrico
 - Contenido de Humedad
 - Densidad de masa y vacíos
 - Densidad de masa suelta
 - Densidad de masa compactado
 - Peso específico y absorción
2. Determinación de la relación a/c inicial para el concreto patrón y las dosis de aditivo para las relaciones a/c correspondientes a los demás diseños de mezclas:
3. Diseños de mezclas de concreto poroso:
 - Diseño de mezclas de concreto permeable:
 - Diseño D 01 (Patrón) – relación a/c = 0.380
 - Diseño D 02 – relación a/c = 0.340
 - Diseño D 03 – relación a/c = 0.317
 - Diseño D 04 – relación a/c = 0.293
 - Diseño D 05 – relación a/c = 0.270
 - Diseño D 06* – relación a/c = 0.270
 - Diseño D 07 (Patrón) – relación a/c = 0.380
 - Diseño D 08 – relación a/c = 0.340
 - Diseño D 11 – relación a/c = 0.270
4. Pruebas para determinar el tipo de compactación para la elaboración de las probetas cilíndricas de concreto poroso:
 - Muy ligeramente compactado
 - Ligeramente compactado
 - Bien compactado
5. Preparación de mezclas:
6. Ensayos al concreto permeable en estado fresco:
 - Asentamiento – Slump
 - Peso unitario y contenido de vacíos en estado fresco
7. Elaboración de probetas cilíndricas:
 - Probetas de 6X12" - Para resistencia a la compresión
 - Probetas de 4X8" - Para índice de infiltración
8. Ensayos al concreto permeable en estado endurecido:
 - Resistencia a la compresión axial
 - Prueba de permeabilidad
 - Peso unitario y contenido de vacíos en estado endurecido

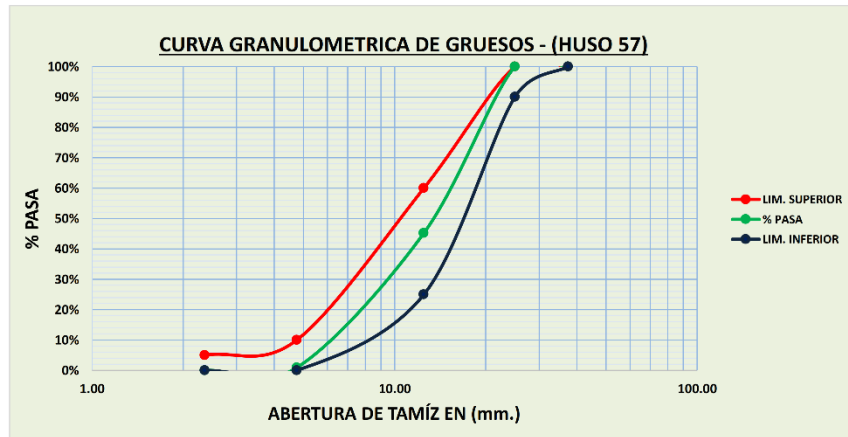
ANEXO 03:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO GRUESO PIEDRA DE 1/2"

N° TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO DE LA MALLA (g)	PESO DE LA MALLA + MUESTRA (g)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
1 1/2"	37.50	522.60	522.6	0.00	0.00	0.00	100
1"	25.00	519.10	519.1	0.00	0.00	0.00	100
3/4"	19.00	528.20	572.4	44.20	2.15	2.15	98
1/2"	12.50	513.30	1593	1079.70	52.63	54.78	45
3/8"	9.50	508.70	973.4	464.70	22.65	77.44	23
N° 4	4.75	693.70	1137.9	444.20	21.65	99.09	1
N° 8	2.36	459.00	477.1	18.10	0.88	99.97	0
FONDO	0.00	346.10	346.7	0.60	0.03	100.00	0
TOTAL				2051.50	100.00		

Tamaño Máximo 3/4"
 Tamiz por el que pasa toda la muestra del agregado grueso
 Tamaño Máximo Nominal 1/2"
 Mayor Tamiz de la serie utilizada que retiene mas del 5%

		HUSO 57 - ASTM C33		
1 1/2"	37.50	100	100	100
1"	25.00	90	100	100
3/4"	19.00		98	
1/2"	12.50	25	45	60
3/8"	9.50		23	
N° 4	4.75	0	1	10
N° 8	2.36	0	0	5



ANEXO 03:

CONTENIDO DE HUMEDAD

ID	DESCRIPCIÓN	UND.	1/2		
			1	2	3
A	IDENTIFICACIÓN DEL RECIPIENTE		T1	T2	T3
B	PESO DEL RECIPIENTE	gr.	152.10	147.80	146.80
C	RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	gr.	2086.20	2348.60	2345.10
D	RECIPIENTE + SUELO SECO	gr.	2084.80	2346.70	2343.10
E	PESO DEL AGUA (Ww) C - D	gr.	1.40	1.90	2.00
F	PESO SUELO SECO (Ws) D - B	gr.	1932.70	2198.90	2196.30
W%	PORCENTAJE DE HUMEDAD (E / F) * 100	%	0.07	0.09	0.09
G	PROMEDIO PORCENTAJE HUMEDAD	%	0.08		

PESO UNITARIO DE AGREGADO GRUESO

AGREGADO GRUESO			TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL <= 1 1/2"		
ID	DESCRIPCIÓN	UND.	1	2	3
A	DIÁMETRO DEL CILINDRO METÁLICO	cm.	20.40	20.40	20.40
B	ALTURA DEL CILINDRO METÁLICO	cm.	29.30	29.30	29.30
C	VOLUMEN DEL CILINDRO METÁLICO	cm ³	9576.74	9576.74	9576.74
D	PESO DEL CILINDRO	gr.	7794.00	7794.00	7794.00
E	PESO DEL CILINDRO + AG SUELTO	gr.	20624.00	20340.00	20640.00
F	PESO DEL AG SUELTO	gr.	12830.00	12546.00	12846.00
G	PESO UNITARIO SUELTO DEL AG	kg/m ³	1339.70	1310.05	1341.37
H	PROMEDIO DEL PESO UNITARIO SUELTO DEL AG	kg/m ³	1330.38		
I	PESO DEL MOLDE + AG COMPACTADO	gr.	21492.4	21495.1	21485.7
J	PESO DEL AG COMPACTADO	gr.	13698.40	13701.10	13691.70
K	PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AG	kg/m ³	1430.38	1430.66	1429.68
L	PROMEDIO DEL PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AG	kg/m ³	1430.24		

* Según la NTP 400.017 indica que el valor del peso unitario **SUELTO** del A.G. debe estar entre el 1300 - 1700 kg/m³

* Según la NTP 400.017 indica que el valor del peso unitario **COMPACTADO** del A.G. debe estar entre el 1400 - 1800 kg/m³.

PESO ESPECÍFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN

ID	DESCRIPCIÓN	UND.	1	2	3	RESULT
A	PESO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO DEL SUELO AL AIRE	gr.	5015.30	5018.40	5015.40	PROMEDIO
B	PESO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO DEL SUELO AL AGUA	gr.	3130.40	3131.60	3132.80	
C	VOLUMEN DE MASA + VOLUMEN DE VACIO	gr.	1884.90	1886.80	1882.60	
D	PESO SECO DEL AGREGADO 105 °C +/-5	gr.	4930.35	4935.25	4930.45	
E	VOLUMEN DE MASA	cm ³	1799.95	1803.65	1797.65	
F	PESO ESPECIFICO BULK (BASE SECA)	gr/cm ³	2.616	2.616	2.619	2.62
G	PESO ESPECIFICO (BASE SATURADA)	gr/cm ³	2.66	2.66	2.66	2.66
H	PESO ESPECIFICO APARENTE (BASE SECA)	gr/cm ³	2.74	2.74	2.74	2.74
I	ABSORCIÓN	%	1.72	1.68	1.72	1.71

ANEXO 04:

M - PT01 (P)

**DISEÑO: CONCRETO POROSO CON ADITIVO SIKAFUME
Y PORTLAND TIPO V: RELACIÓN AGUA CEMENTO a/c = 0.380**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
CONCRETO PERMEABLE		
Contenido de Vacíos	%	30
Relación a/c		0.380
Contenido de Agregado Fino	%AG	0
Nivel de Compactación		LIGERA
AGREGADO GRUESO		
Peso Unitario Varillado	kg/m3	1430
Peso Específico (SSS)	gr/cm3	2.62
Absorción	%	1.71
Contenido de humedad	%	0.08
Tamaño Máximo Nominal	Pulg	1/2
Huso granulométrico	#	57
CEMENTO		
Tipo de Cemento		V
Gravedad Específica Promedio	gr/cm3	3.19
AGUA		
Densidad del Agua	kg/m3	1000
ADITIVO		
Tipo de Aditivo		S
Densidad del Aditivo	kg/L	2.2
Rango de Dosis		5 10
Dosis Ad (%Peso del Cemento)	%	0
Rango de reducción del agua (Supuesto)		15 30
Relación a/c sin aditivo (PATRÓN)		0.38
Reducción del Agua	%	0

ANEXO 04:

M - PT01 (P)

P1.- DETERMINANDO EL PESO DEL AGREGADO

Valores Efectivos b/bo

% A. F.	ASTM C33/C33M (Tamaño N°8)	ASTM C33/C33M (Tamaño N°67)
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
2	0.85	0.86

Fuente: ACI 522-R

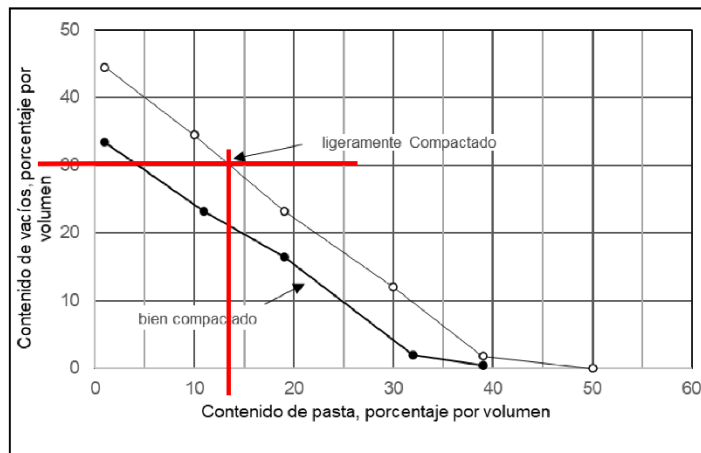
Peso Unitario Varillado	=	1430 kg/m ³
Contenido de agregado Fino	=	0 %AG
Huso Granulométrico	=	57 #
b/bo	=	0.99 %
Peso del Agregado Grueso (Seco)	=	1415.70 kg

P2.- AJUSTE AL PESO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO(SSS)

Porcentaje de Absorción	=	1.71 %
Peso del Agregado Grueso (Seco)	=	1415.70 kg
Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1439.91 kg

P3.- DETERMINAR EL VOLUMEN DE LA PASTA

Contenido de Vacíos	=	30 %
Tipo de Compactación	=	LIGERA Compact
Contenido de Pasta	=	13 %
Volumen de Pasta	=	0.13 m³



ANEXO 04:

M - PT01 (P)

P4.- DETERMINANDO EL CONTENIDO DEL CEMENTO

Gravedad Específica del Cemento	=	3.19 gr/cm ³
Dosis del Aditivo	=	0.00 %
Densidad del Aditivo	=	2.20 kg/L
Densidad del Agua	=	1000 kg/m ³
Relación a/c	=	0.380
Volumen de Pasta	=	0.1300 m ³
Peso del Cemento	=	187.46 kg

P5.- DETERMINAR EL CONTENIDO DEL AGUA

Relación a/c	=	0.380
Peso del Cemento	=	187.46 kg
Peso del Agua	=	71.23 kg

P6.- DETERMINAR EL VOLUMEN DEL SÓLIDO

Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1439.91 kg
Peso Específico de la Masa del A.G.(SSS)	=	2.62 gr/cm ³
Volumen del Agregado Grueso	=	0.5496 m³
Peso del Cemento	=	187.46 kg
Gravedad Específica del Cemento	=	3.19 gr/cm ³
Volumen de Cemento	=	0.0588 m³
Peso del Agua	=	71.23 kg
Densidad del Agua	=	1000 kg/m ³
Volumen del Agua	=	0.0712 m³
Dosis de Aditivo	=	0 %
Peso del Aditivo	=	0 kg
Densidad del Aditivo	=	2.2 kg/L
Volumen de Aditivo	=	0.00000 m³
Volumen total de Sólido	=	0.6796 m³

P7. DETERMINAR EL PORCENTAJE DE VACÍOS

Porcentaje de Vacíos = $(V_{total} - V_{sólido}) / (V_{total}) * 100$		
Volumen Total	=	1 m ³
Volumen del Sólido	=	0.6796 m ³
Porcentaje de vacíos Teórico	=	32.04 %
Porcentaje de vacíos Esperado	=	30 %
Porcentaje de Vacíos	=	2.04 %

ANEXO 04:

M - PT01 (P)

P4.- DETERMINANDO EL CONTENIDO DEL CEMENTO

Gravedad Específica del Cemento	=	3.19
Dosis del Aditivo	=	0.00 %
Densidad del Aditivo	=	2.20 kg/m ³
Densidad del Agua	=	1000 kg/m ³
Relación a/c	=	0.380
Volumen de Pasta	=	0.0204 m ³
Peso del Cemento	=	29.44 kg

P5.- DETERMINAR EL CONTENIDO DEL AGUA

Relación a/c	=	0.380
Peso del Cemento	=	29.44 kg
Peso del Agua	=	11.19 kg

P6.- DETERMINAR EL VOLUMEN DEL SÓLIDO

Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1439.91 kg
Peso Específico de la Masa del A.G.(SSS)	=	2.62 gr/cm ³
Volumen del Agregado Grueso	=	0.5496 m³
Peso del Cemento	=	216.90 kg
Gravedad Específica del Cemento	=	3.19 gr/cm ³
Volumen de Cemento	=	0.0680 m³
Peso del Agua	=	82.42 kg
Densidad del Agua	=	1000 kg/m ³
Volumen del Agua	=	0.0824 m³
Dosis de Aditivo	=	0 %
Peso del Aditivo	=	0.00 kg
Densidad del Aditivo	=	2.2 kg/L
Volumen de Aditivo	=	0.0000 m³
Volumen total de Sólido	=	0.7000 m³

P7. DETERMINAR EL PORCENTAJE DE VACÍOS

Porcentaje de Vacíos = $(V_{total} - V_{sólido}) / (V_{total}) * 100$		
Volumen Total	=	1 m ³
Volumen del Sólido	=	0.7000 m ³
Porcentaje de vacíos Teórico	=	30.00 %
Porcentaje de vacíos Esperado	=	30 %
Porcentaje de Vacíos	=	0.00 %

ANEXO 04:

M - PT01 (P)

CANTIDAD DE MATERIALES

Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1439.908 kg
Peso del Cemento	=	216.901 kg
Peso del Agua	=	82.422 kg
Peso del Aditivo	=	0.000 kg
Peso Total	=	1739.232 kg

Densidad del Concreto Permeable	=	1739.232 kg/m3
Densidad Teórica	=	2484.617 kg/m3

AJUSTE - CANTIDAD DE MATERIALES POR HUMEDAD Y ABSORCIÓN

Porcentaje de Absorción	=	1.710 %
Contenido de Humedad	=	0.080 %
Humedad - Absorción	=	-1.630 %

ACCIÓN A REALIZAR / (ADICIONAR O QUITAR)

AGREGAR : 23.076 kg

CANTIDADES FINALES PARA LA PREPARACIÓN DE LA MEZCLA

Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1416.833 kg
Peso del Cemento	=	216.901 kg
Peso del Agua	=	82.422 kg
Peso del Agua de Absorción	=	23.076 kg
Peso del Aditivo	=	0.000 kg
Peso Total	=	1739.232 kg
Densidad del concreto Permeable	=	1739.232 kg/m3
Densidad Teórica	=	2484.617 kg/m3

ANEXO 04:

M - PT02

**DISEÑO: CONCRETO POROSO CON ADITIVO SIKAFUME
Y PORTLAND TIPO V: RELACIÓN AGUA CEMENTO a/c = 0.340**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
CONCRETO PERMEABLE		
Contenido de Vacíos	%	30
Relación a/c		0.340
Contenido de Agregado Fino	%AG	0
Nivel de Compactación		LIGERA
AGREGADO GRUESO		
Peso Unitario Varillado	kg/m3	1430
Peso Específico (SSS)	gr/cm3	2.62
Absorción	%	1.71
Contenido de humedad	%	0.08
Tamaño Máximo Nominal	Pulg	3/8
Huso granulométrico	#	8
CEMENTO		
Tipo de Cemento		V
Gravedad Específica Promedio	gr/cm3	3.19
AGUA		
Densidad del Agua	kg/m3	1000
ADITIVO		
Tipo de Aditivo		S
Densidad del Aditivo	kg/L	2.2
Rango de Dosis		5 10
Dosis Ad (%Peso del Cemento)	%	5
Rango de reducción del agua (Supuesto)		15 30
Relación a/c sin aditivo (PATRÓN)		0.38
Reducción del Agua	%	15

ANEXO 04:

M - PT02

P1.- DETERMINANDO EL PESO DEL AGREGADO

Valores Efectivos b/bo

% A. F.	ASTM C33/C33M (Tamaño N°8)	ASTM C33/C33M (Tamaño N°67)
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
2	0.85	0.86

Fuente: ACI 522-R

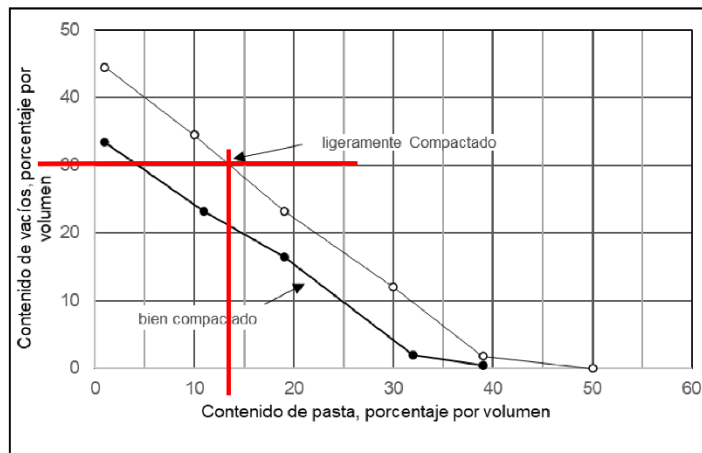
Peso Unitario Varillado	=	1430 kg/m ³
Contenido de agregado Fino	=	0 %AG
Huso Granulométrico	=	8 #
b/bo	=	0.99 %
Peso del Agregado Grueso (Seco)	=	1415.70 kg

P2.- AJUSTE AL PESO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO(SSS)

Porcentaje de Absorción	=	1.71 %
Peso del Agregado Grueso (Seco)	=	1415.70 kg
Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1439.91 kg

P3.- DETERMINAR EL VOLUMEN DE LA PASTA

Contenido de Vacíos	=	30 %
Tipo de Compactación	=	LIGERA Compact
Contenido de Pasta	=	13 %
Volumen de Pasta	=	0.13 m³



ANEXO 04:

M - PT02

P4.- DETERMINANDO EL CONTENIDO DEL CEMENTO

Gravedad Específica del Cemento	=	3.19 gr/cm ³
Dosis del Aditivo	=	5.00 %
Densidad del Aditivo	=	2.20 kg/L
Densidad del Agua	=	1000 kg/m ³
Relación a/c	=	0.340
Volumen de Pasta	=	0.1300 m ³
Peso del Cemento	=	192.25 kg

P5.- DETERMINAR EL CONTENIDO DEL AGUA

Relación a/c	=	0.340
Peso del Cemento	=	192.25 kg
Peso del Agua	=	65.36 kg

P6.- DETERMINAR EL VOLUMEN DEL SÓLIDO

Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1439.91 kg
Peso Específico de la Masa del A.G.(SSS)	=	2.62 gr/cm ³
Volumen del Agregado Grueso	=	0.5496 m³
Peso del Cemento	=	192.25 kg
Gravedad Específica del Cemento	=	3.19 gr/cm ³
Volumen de Cemento	=	0.0603 m³
Peso del Agua	=	65.36 kg
Densidad del Agua	=	1000 kg/m ³
Volumen del Agua	=	0.0654 m³
Dosis de Aditivo	=	5 %
Peso del Aditivo	=	9.612442631 kg
Densidad del Aditivo	=	2.2 kg/L
Volumen de Aditivo	=	0.00437 m³
Volumen total de Sólido	=	0.6796 m³

P7. DETERMINAR EL PORCENTAJE DE VACÍOS

Porcentaje de Vacíos = $(V_{total} - V_{sólido}) / (V_{total}) * 100$		
Volumen Total	=	1 m ³
Volumen del Sólido	=	0.6796 m ³
Porcentaje de vacíos Teórico	=	32.04 %
Porcentaje de vacíos Esperado	=	30 %
Porcentaje de Vacíos	=	2.04 %

ANEXO 04:

M - PT02

P4.- DETERMINANDO EL CONTENIDO DEL CEMENTO

Gravedad Específica del Cemento	=	3.19
Dosis del Aditivo	=	5.00 %
Densidad del Aditivo	=	2.20 kg/m ³
Densidad del Agua	=	1000 kg/m ³
Relación a/c	=	0.340
Volumen de Pasta	=	0.0204 m ³
Peso del Cemento	=	30.19 kg

P5.- DETERMINAR EL CONTENIDO DEL AGUA

Relación a/c	=	0.340
Peso del Cemento	=	30.19 kg
Peso del Agua	=	10.27 kg

P6.- DETERMINAR EL VOLUMEN DEL SÓLIDO

Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1439.91 kg
Peso Específico de la Masa del A.G.(SSS)	=	2.62 gr/cm ³
Volumen del Agregado Grueso	=	0.5496 m³
Peso del Cemento	=	222.44 kg
Gravedad Específica del Cemento	=	3.19 gr/cm ³
Volumen de Cemento	=	0.0697 m³
Peso del Agua	=	75.63 kg
Densidad del Agua	=	1000 kg/m ³
Volumen del Agua	=	0.0756 m³
Dosis de Aditivo	=	5 %
Peso del Aditivo	=	11.12 kg
Densidad del Aditivo	=	2.2 kg/L
Volumen de Aditivo	=	0.0051 m³
Volumen total de Sólido	=	0.7000 m³

P7. DETERMINAR EL PORCENTAJE DE VACÍOS

Porcentaje de Vacíos = $(V_{total} - V_{sólido}) / (V_{total}) * 100$		
Volumen Total	=	1 m ³
Volumen del Sólido	=	0.7000 m ³
Porcentaje de vacíos Teórico	=	30.00 %
Porcentaje de vacíos Esperado	=	30 %
Porcentaje de Vacíos	=	0.00 %

ANEXO 04:

M - PT02

CANTIDAD DE MATERIALES

Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1439.908 kg
Peso del Cemento	=	222.442 kg
Peso del Agua	=	75.630 kg
Peso del Aditivo	=	11.122 kg
Peso Total	=	1749.102439 kg

Densidad del Concreto Permeable = **1749.102 kg/m³**

Densidad Teórica = **2498.718 kg/m³**

AJUSTE - CANTIDAD DE MATERIALES POR HUMEDAD Y ABSORCIÓN

Porcentaje de Absorción	=	1.710 %
Contenido de Humedad	=	0.080 %
Humedad - Absorción	=	-1.630 %

ACCIÓN A REALIZAR / (ADICIONAR O QUITAR)

AGREGAR : 23.076 kg

CANTIDADES FINALES PARA LA PREPARACIÓN DE LA MEZCLA

Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1416.833 kg
Peso del Cemento	=	222.442 kg
Peso del Agua	=	75.630 kg
Peso del Agua de Absorción	=	23.076 kg
Peso del Aditivo	=	11.122 kg
Peso Total	=	1749.102 kg
Densidad del concreto Permeable	=	1749.102 kg/m³
Densidad Teórica	=	2498.718 kg/m³

ANEXO 04:

M - PT03

**DISEÑO: CONCRETO POROSO CON ADITIVO SIKAFUME
Y PORTLAND TIPO V: RELACIÓN AGUA CEMENTO a/c = 0.317**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
CONCRETO PERMEABLE		
Contenido de Vacíos	%	30
Relación a/c		0.317
Contenido de Agregado Fino	%AG	0
Nivel de Compactación		LIGERA
AGREGADO GRUESO		
Peso Unitario Varillado	kg/m3	1430
Peso Específico (SSS)	gr/cm3	2.62
Absorción	%	1.71
Contenido de humedad	%	0.08
Tamaño Máximo Nominal	Pulg	3/8
Huso granulométrico	#	8
CEMENTO		
Tipo de Cemento		V
Gravedad Específica Promedio	gr/cm3	3.19
AGUA		
Densidad del Agua	kg/m3	1000
ADITIVO		
Tipo de Aditivo		S
Densidad del Aditivo	kg/L	2.2
Rango de Dosis		5 10
Dosis Ad (%Peso del Cemento)	%	6.7
Rango de reducción del agua (Supuesto)		15 30
Relación a/c sin aditivo (PATRÓN)		0.38
Reducción del Agua	%	20.1

ANEXO 04:

M - PT03

P1.- DETERMINANDO EL PESO DEL AGREGADO

Valores Efectivos b/bo

% A. F.	ASTM C33/C33M (Tamaño N°8)	ASTM C33/C33M (Tamaño N°67)
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
2	0.85	0.86

Fuente: ACI 522-R

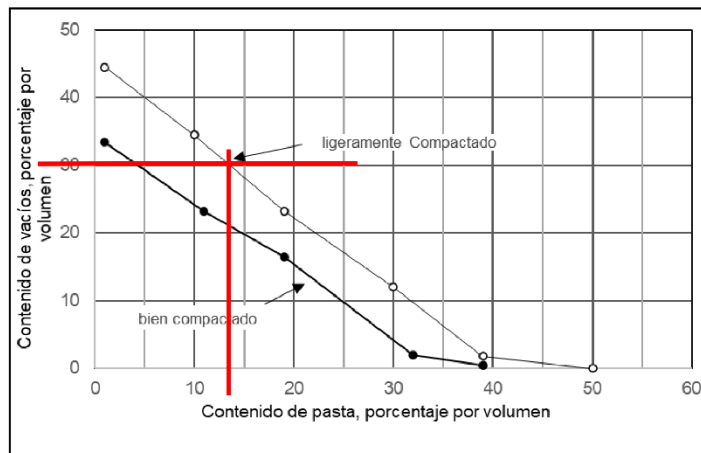
Peso Unitario Varillado	=	1430 kg/m ³
Contenido de agregado Fino	=	0 %AG
Huso Granulométrico	=	8 #
b/bo	=	0.99 %
Peso del Agregado Grueso (Seco)	=	1415.70 kg

P2.- AJUSTE AL PESO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO(SSS)

Porcentaje de Absorción	=	1.71 %
Peso del Agregado Grueso (Seco)	=	1415.70 kg
Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1439.91 kg

P3.- DETERMINAR EL VOLUMEN DE LA PASTA

Contenido de Vacíos	=	30 %
Tipo de Compactación	=	LIGERA Compact
Contenido de Pasta	=	13 %
Volumen de Pasta	=	0.13 m³



ANEXO 04:

M - PT03

P4.- DETERMINANDO EL CONTENIDO DEL CEMENTO

Gravedad Específica del Cemento	=	3.19 gr/cm ³
Dosis del Aditivo	=	6.70 %
Densidad del Aditivo	=	2.20 kg/L
Densidad del Agua	=	1000 kg/m ³
Relación a/c	=	0.317
Volumen de Pasta	=	0.1300 m ³
Peso del Cemento	=	196.69 kg

P5.- DETERMINAR EL CONTENIDO DEL AGUA

Relación a/c	=	0.317
Peso del Cemento	=	196.69 kg
Peso del Agua	=	62.35 kg

P6.- DETERMINAR EL VOLUMEN DEL SÓLIDO

Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1439.91 kg
Peso Específico de la Masa del A.G.(SSS)	=	2.62 gr/cm ³
Volumen del Agregado Grueso	=	0.5496 m³
Peso del Cemento	=	196.69 kg
Gravedad Específica del Cemento	=	3.19 gr/cm ³
Volumen de Cemento	=	0.0617 m³
Peso del Agua	=	62.35 kg
Densidad del Agua	=	1000 kg/m ³
Volumen del Agua	=	0.0624 m³
Dosis de Aditivo	=	6.7 %
Peso del Aditivo	=	13.178317 kg
Densidad del Aditivo	=	2.2 kg/L
Volumen de Aditivo	=	0.00599 m³
Volumen total de Sólido	=	0.6796 m³

P7. DETERMINAR EL PORCENTAJE DE VACÍOS

Porcentaje de Vacíos = $(V_{total} - V_{sólido}) / (V_{total}) * 100$		
Volumen Total	=	1 m ³
Volumen del Sólido	=	0.6796 m ³
Porcentaje de vacíos Teórico	=	32.04 %
Porcentaje de vacíos Esperado	=	30 %
Porcentaje de Vacíos	=	2.04 %

ANEXO 04:

M - PT03

P4.- DETERMINANDO EL CONTENIDO DEL CEMENTO

Gravedad Específica del Cemento	=	3.19
Dosis del Aditivo	=	6.70 %
Densidad del Aditivo	=	2.20 kg/m ³
Densidad del Agua	=	1000 kg/m ³
Relación a/c	=	0.317
Volumen de Pasta	=	0.0204 m ³
Peso del Cemento	=	30.89 kg

P5.- DETERMINAR EL CONTENIDO DEL AGUA

Relación a/c	=	0.317
Peso del Cemento	=	30.89 kg
Peso del Agua	=	9.79 kg

P6.- DETERMINAR EL VOLUMEN DEL SÓLIDO

Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1439.91 kg
Peso Específico de la Masa del A.G.(SSS)	=	2.62 gr/cm ³
Volumen del Agregado Grueso	=	0.5496 m³
Peso del Cemento	=	227.58 kg
Gravedad Específica del Cemento	=	3.19 gr/cm ³
Volumen de Cemento	=	0.0713 m³
Peso del Agua	=	72.14 kg
Densidad del Agua	=	1000 kg/m ³
Volumen del Agua	=	0.0721 m³
Dosis de Aditivo	=	6.7 %
Peso del Aditivo	=	15.25 kg
Densidad del Aditivo	=	2.2 kg/L
Volumen de Aditivo	=	0.0069 m³
Volumen total de Sólido	=	0.7000 m³

P7. DETERMINAR EL PORCENTAJE DE VACÍOS

Porcentaje de Vacíos = $(V_{total} - V_{sólido}) / (V_{total}) * 100$		
Volumen Total	=	1 m ³
Volumen del Sólido	=	0.7000 m ³
Porcentaje de vacíos Teórico	=	30.00 %
Porcentaje de vacíos Esperado	=	30 %
Porcentaje de Vacíos	=	0.00 %

ANEXO 04:

M - PT03

CANTIDAD DE MATERIALES

Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1439.908 kg
Peso del Cemento	=	227.582 kg
Peso del Agua	=	72.143 kg
Peso del Aditivo	=	15.248 kg
Peso Total	=	1754.882 kg

Densidad del Concreto Permeable = **1754.882 kg/m³**

Densidad Teórica = **2506.974 kg/m³**

AJUSTE - CANTIDAD DE MATERIALES POR HUMEDAD Y ABSORCIÓN

Porcentaje de Absorción	=	1.710 %
Contenido de Humedad	=	0.080 %
Humedad - Absorción	=	-1.630 %

ACCIÓN A REALIZAR / (ADICIONAR O QUITAR)

AGREGAR : 23.076 kg

CANTIDADES FINALES PARA LA PREPARACIÓN DE LA MEZCLA

Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1416.833 kg
Peso del Cemento	=	227.582 kg
Peso del Agua	=	72.143 kg
Peso del Agua de Absorción	=	23.076 kg
Peso del Aditivo	=	15.248 kg
Peso Total	=	1754.882 kg
Densidad del concreto Permeable	=	1754.882 kg/m³
Densidad Teórica	=	2506.974 kg/m³

ANEXO 04:

M - PT04

**DISEÑO: CONCRETO POROSO CON ADITIVO SIKAFUME
Y PORTLAND TIPO V: RELACIÓN AGUA CEMENTO a/c = 0.293**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
CONCRETO PERMEABLE		
Contenido de Vacíos	%	30
Relación a/c		0.293
Contenido de Agregado Fino	%AG	0
Nivel de Compactación		LIGERA
AGREGADO GRUESO		
Peso Unitario Varillado	kg/m3	1430
Peso Específico (SSS)	gr/cm3	2.62
Absorción	%	1.71
Contenido de humedad	%	0.08
Tamaño Máximo Nominal	Pulg	3/8
Huso granulométrico	#	8
CEMENTO		
Tipo de Cemento		V
Gravedad Específica Promedio	gr/cm3	3.19
AGUA		
Densidad del Agua	kg/m3	1000
ADITIVO		
Tipo de Aditivo		S
Densidad del Aditivo	kg/L	2.2
Rango de Dosis		5 10
Dosis Ad (%Peso del Cemento)	%	8.3
Rango de reducción del agua (Supuesto)		15 30
Relación a/c sin aditivo (PATRÓN)		0.38
Reducción del Agua	%	24.9

ANEXO 04:

M - PT04

P1.- DETERMINANDO EL PESO DEL AGREGADO

Valores Efectivos b/bo

% A. F.	ASTM C33/C33M (Tamaño N°8)	ASTM C33/C33M (Tamaño N°67)
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
2	0.85	0.86

Fuente: ACI 522-R

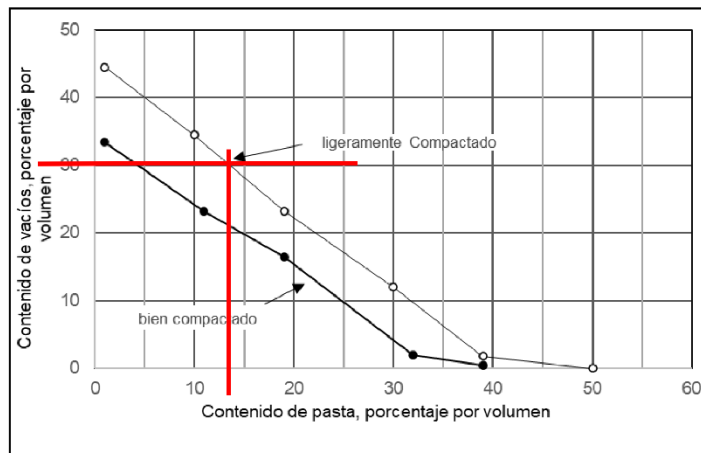
Peso Unitario Varillado	=	1430 kg/m ³
Contenido de agregado Fino	=	0 %AG
Huso Granulométrico	=	8 #
b/bo	=	0.99 %
Peso del Agregado Grueso (Seco)	=	1415.70 kg

P2.- AJUSTE AL PESO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO(SSS)

Porcentaje de Absorción	=	1.71 %
Peso del Agregado Grueso (Seco)	=	1415.70 kg
Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1439.91 kg

P3.- DETERMINAR EL VOLUMEN DE LA PASTA

Contenido de Vacíos	=	30 %
Tipo de Compactación	=	LIGERA Compact
Contenido de Pasta	=	13 %
Volumen de Pasta	=	0.13 m³



ANEXO 04:

M - PT04

P4.- DETERMINANDO EL CONTENIDO DEL CEMENTO

Gravedad Específica del Cemento	=	3.19 gr/cm ³
Dosis del Aditivo	=	8.30 %
Densidad del Aditivo	=	2.20 kg/L
Densidad del Agua	=	1000 kg/m ³
Relación a/c	=	0.293
Volumen de Pasta	=	0.1300 m ³
Peso del Cemento	=	201.80 kg

P5.- DETERMINAR EL CONTENIDO DEL AGUA

Relación a/c	=	0.293
Peso del Cemento	=	201.80 kg
Peso del Agua	=	59.13 kg

P6.- DETERMINAR EL VOLUMEN DEL SÓLIDO

Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1439.91 kg
Peso Específico de la Masa del A.G.(SSS)	=	2.62 gr/cm ³
Volumen del Agregado Grueso	=	0.5496 m³
Peso del Cemento	=	201.80 kg
Gravedad Específica del Cemento	=	3.19 gr/cm ³
Volumen de Cemento	=	0.0633 m³
Peso del Agua	=	59.13 kg
Densidad del Agua	=	1000 kg/m ³
Volumen del Agua	=	0.0591 m³
Dosis de Aditivo	=	8.3 %
Peso del Aditivo	=	16.74927738 kg
Densidad del Aditivo	=	2.2 kg/L
Volumen de Aditivo	=	0.00761 m³
Volumen total de Sólido	=	0.6796 m³

P7. DETERMINAR EL PORCENTAJE DE VACÍOS

Porcentaje de Vacíos = $(V_{total} - V_{sólido}) / (V_{total}) * 100$		
Volumen Total	=	1 m ³
Volumen del Sólido	=	0.6796 m ³
Porcentaje de vacíos Teórico	=	32.04 %
Porcentaje de vacíos Esperado	=	30 %
Porcentaje de Vacíos	=	2.04 %

ANEXO 04:

M - PT04

P4.- DETERMINANDO EL CONTENIDO DEL CEMENTO

Gravedad Específica del Cemento	=	3.19
Dosis del Aditivo	=	8.30 %
Densidad del Aditivo	=	2.20 kg/m ³
Densidad del Agua	=	1000 kg/m ³
Relación a/c	=	0.293
Volumen de Pasta	=	0.0204 m ³
Peso del Cemento	=	31.69 kg

P5.- DETERMINAR EL CONTENIDO DEL AGUA

Relación a/c	=	0.293
Peso del Cemento	=	31.69 kg
Peso del Agua	=	9.29 kg

P6.- DETERMINAR EL VOLUMEN DEL SÓLIDO

Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1439.91 kg
Peso Específico de la Masa del A.G.(SSS)	=	2.62 gr/cm ³
Volumen del Agregado Grueso	=	0.5496 m³
Peso del Cemento	=	233.49 kg
Gravedad Específica del Cemento	=	3.19 gr/cm ³
Volumen de Cemento	=	0.0732 m³
Peso del Agua	=	68.41 kg
Densidad del Agua	=	1000 kg/m ³
Volumen del Agua	=	0.0684 m³
Dosis de Aditivo	=	8.3 %
Peso del Aditivo	=	19.38 kg
Densidad del Aditivo	=	2.2 kg/L
Volumen de Aditivo	=	0.0088 m³
Volumen total de Sólido	=	0.7000 m³

P7. DETERMINAR EL PORCENTAJE DE VACÍOS

Porcentaje de Vacíos = $(V_{total} - V_{sólido}) / (V_{total}) * 100$		
Volumen Total	=	1 m ³
Volumen del Sólido	=	0.7000 m ³
Porcentaje de vacíos Teórico	=	30.00 %
Porcentaje de vacíos Esperado	=	30 %
Porcentaje de Vacíos	=	0.00 %

ANEXO 04:

M - PT04

CANTIDAD DE MATERIALES

Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1439.908 kg
Peso del Cemento	=	233.491 kg
Peso del Agua	=	68.413 kg
Peso del Aditivo	=	19.380 kg
Peso Total	=	1761.192 kg

Densidad del Concreto Permeable = **1761.192 kg/m³**

Densidad Teórica = **2515.989 kg/m³**

AJUSTE - CANTIDAD DE MATERIALES POR HUMEDAD Y ABSORCIÓN

Porcentaje de Absorción	=	1.710 %
Contenido de Humedad	=	0.080 %
Humedad - Absorción	=	-1.630 %

ACCIÓN A REALIZAR / (ADICIONAR O QUITAR)

AGREGAR : 23.076 kg

CANTIDADES FINALES PARA LA PREPARACIÓN DE LA MEZCLA

Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1416.833 kg
Peso del Cemento	=	233.491 kg
Peso del Agua	=	68.413 kg
Peso del Agua de Absorción	=	23.076 kg
Peso del Aditivo	=	19.380 kg
Peso Total	=	1761.192 kg
Densidad del concreto Permeable	=	1761.192 kg/m³
Densidad Teórica	=	2515.989 kg/m³

ANEXO 04:

M - PT05

**DISEÑO: CONCRETO POROSO CON ADITIVO SIKAFUME
Y PORTLAND TIPO V: RELACIÓN AGUA CEMENTO a/c = 0.270**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
CONCRETO PERMEABLE		
Contenido de Vacíos	%	30
Relación a/c		0.270
Contenido de Agregado Fino	%AG	0
Nivel de Compactación		LIGERA
AGREGADO GRUESO		
Peso Unitario Varillado	kg/m3	1430
Peso Específico (SSS)	gr/cm3	2.62
Absorción	%	1.71
Contenido de humedad	%	0.08
Tamaño Máximo Nominal	Pulg	3/8
Huso granulométrico	#	8
CEMENTO		
Tipo de Cemento		V
Gravedad Específica Promedio	gr/cm3	3.19
AGUA		
Densidad del Agua	kg/m3	1000
ADITIVO		
Tipo de Aditivo		S
Densidad del Aditivo	kg/L	2.2
Rango de Dosis		5 10
Dosis Ad (%Peso del Cemento)	%	10
Rango de reducción del agua (Supuesto)		15 30
Relación a/c sin aditivo (PATRÓN)		0.38
Reducción del Agua	%	30

ANEXO 04:

M - PT05

P1.- DETERMINANDO EL PESO DEL AGREGADO

Valores Efectivos b/bo

% A. F.	ASTM C33/C33M (Tamaño N°8)	ASTM C33/C33M (Tamaño N°67)
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
2	0.85	0.86

Fuente: ACI 522-R

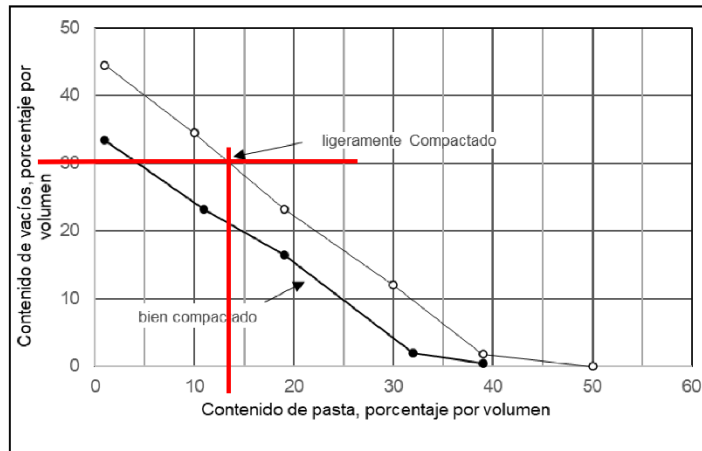
Peso Unitario Varillado	=	1430 kg/m ³
Contenido de agregado Fino	=	0 %AG
Huso Granulométrico	=	8 #
b/bo	=	0.99 %
Peso del Agregado Grueso (Seco)	=	1415.70 kg

P2.- AJUSTE AL PESO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO(SSS)

Porcentaje de Absorción	=	1.71 %
Peso del Agregado Grueso (Seco)	=	1415.70 kg
Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1439.91 kg

P3.- DETERMINAR EL VOLUMEN DE LA PASTA

Contenido de Vacíos	=	30 %
Tipo de Compactación	=	LIGERA Compact
Contenido de Pasta	=	13 %
Volumen de Pasta	=	0.13 m³



ANEXO 04:

M - PT05

P4.- DETERMINANDO EL CONTENIDO DEL CEMENTO

Gravedad Específica del Cemento	=	3.19 gr/cm ³
Dosis del Aditivo	=	10.00 %
Densidad del Aditivo	=	2.20 kg/L
Densidad del Agua	=	1000 kg/m ³
Relación a/c	=	0.270
Volumen de Pasta	=	0.1300 m ³
Peso del Cemento	=	206.70 kg

P5.- DETERMINAR EL CONTENIDO DEL AGUA

Relación a/c	=	0.270
Peso del Cemento	=	206.70 kg
Peso del Agua	=	55.81 kg

P6.- DETERMINAR EL VOLUMEN DEL SÓLIDO

Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1439.91 kg
Peso Específico de la Masa del A.G.(SSS)	=	2.62 gr/cm ³
Volumen del Agregado Grueso	=	0.5496 m³
Peso del Cemento	=	206.70 kg
Gravedad Específica del Cemento	=	3.19 gr/cm ³
Volumen de Cemento	=	0.0648 m³
Peso del Agua	=	55.81 kg
Densidad del Agua	=	1000 kg/m ³
Volumen del Agua	=	0.0558 m³
Dosis de Aditivo	=	10 %
Peso del Aditivo	=	20.66988985 kg
Densidad del Aditivo	=	2.2 kg/L
Volumen de Aditivo	=	0.00940 m³
Volumen total de Sólido	=	0.6796 m³

P7. DETERMINAR EL PORCENTAJE DE VACÍOS

Porcentaje de Vacíos = $(V_{total} - V_{sólido}) / (V_{total}) * 100$		
Volumen Total	=	1 m ³
Volumen del Sólido	=	0.6796 m ³
Porcentaje de vacíos Teórico	=	32.04 %
Porcentaje de vacíos Esperado	=	30 %
Porcentaje de Vacíos	=	2.04 %

ANEXO 04:

M - PT05

P4.- DETERMINANDO EL CONTENIDO DEL CEMENTO

Gravedad Específica del Cemento	=	3.19
Dosis del Aditivo	=	10.00 %
Densidad del Aditivo	=	2.20 kg/m ³
Densidad del Agua	=	1000 kg/m ³
Relación a/c	=	0.270
Volumen de Pasta	=	0.0204 m ³
Peso del Cemento	=	32.46 kg

P5.- DETERMINAR EL CONTENIDO DEL AGUA

Relación a/c	=	0.270
Peso del Cemento	=	32.46 kg
Peso del Agua	=	8.76 kg

P6.- DETERMINAR EL VOLUMEN DEL SÓLIDO

Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1439.91 kg
Peso Específico de la Masa del A.G.(SSS)	=	2.62 gr/cm ³
Volumen del Agregado Grueso	=	0.5496 m³
Peso del Cemento	=	239.16 kg
Gravedad Específica del Cemento	=	3.19 gr/cm ³
Volumen de Cemento	=	0.0750 m³
Peso del Agua	=	64.57 kg
Densidad del Agua	=	1000 kg/m ³
Volumen del Agua	=	0.0646 m³
Dosis de Aditivo	=	10 %
Peso del Aditivo	=	23.92 kg
Densidad del Aditivo	=	2.2 kg/L
Volumen de Aditivo	=	0.0109 m³
Volumen total de Sólido	=	0.7000 m³

P7. DETERMINAR EL PORCENTAJE DE VACÍOS

Porcentaje de Vacíos = $(V_{total} - V_{sólido}) / (V_{total}) * 100$		
Volumen Total	=	1 m ³
Volumen del Sólido	=	0.7000 m ³
Porcentaje de vacíos Teórico	=	30.00 %
Porcentaje de vacíos Esperado	=	30 %
Porcentaje de Vacíos	=	0.00 %

ANEXO 04:

M - PT05

CANTIDAD DE MATERIALES

Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1439.908 kg
Peso del Cemento	=	239.161 kg
Peso del Agua	=	64.574 kg
Peso del Aditivo	=	23.916 kg
Peso Total	=	1767.559 kg

Densidad del Concreto Permeable = **1767.559 kg/m3**

Densidad Teórica = **2525.085 kg/m3**

AJUSTE - CANTIDAD DE MATERIALES POR HUMEDAD Y ABSORCIÓN

Porcentaje de Absorción	=	1.710 %
Contenido de Humedad	=	0.080 %
Humedad - Absorción	=	-1.630 %

ACCIÓN A REALIZAR / (ADICIONAR O QUITAR)

AGREGAR : 23.076 kg

CANTIDADES FINALES PARA LA PREPARACIÓN DE LA MEZCLA

Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1416.833 kg
Peso del Cemento	=	239.161 kg
Peso del Agua	=	64.574 kg
Peso del Agua de Absorción	=	23.076 kg
Peso del Aditivo	=	23.916 kg
Peso Total	=	1767.559 kg
Densidad del concreto Permeable	=	1767.559 kg/m3
Densidad Teórica	=	2525.085 kg/m3

ANEXO 04:

M - PT06*

**DISEÑO: CONCRETO POROSO CON ADITIVO SIKAFUME
Y PORTLAND TIPO V: RELACIÓN AGUA CEMENTO a/c = 0.270**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
CONCRETO PERMEABLE		
Contenido de Vacíos	%	30
Relación a/c		0.270
Contenido de Agregado Fino	%AG	0
Nivel de Compactación		LIGERA
AGREGADO GRUESO		
Peso Unitario Varillado	kg/m3	1430
Peso Específico (SSS)	gr/cm3	2.62
Absorción	%	1.71
Contenido de humedad	%	0.08
Tamaño Máximo Nominal	Pulg	3/8
Huso granulométrico	#	8
CEMENTO		
Tipo de Cemento		V
Gravedad Específica Promedio	gr/cm3	3.19
AGUA		
Densidad del Agua	kg/m3	1000
ADITIVO		
Tipo de Aditivo		S
Densidad del Aditivo	kg/L	2.2
Rango de Dosis		5 10
Dosis Ad (%Peso del Cemento)	%	10
Rango de reducción del agua (Supuesto)		15 30
Relación a/c sin aditivo (PATRÓN)		0.38
Reducción del Agua	%	30

*Compactación Ligera

ANEXO 04:

M - PT06*

P1.- DETERMINANDO EL PESO DEL AGREGADO

Valores Efectivos b/bo

% A. F.	ASTM C33/C33M (Tamaño N°8)	ASTM C33/C33M (Tamaño N°67)
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
2	0.85	0.86

Fuente: ACI 522-R

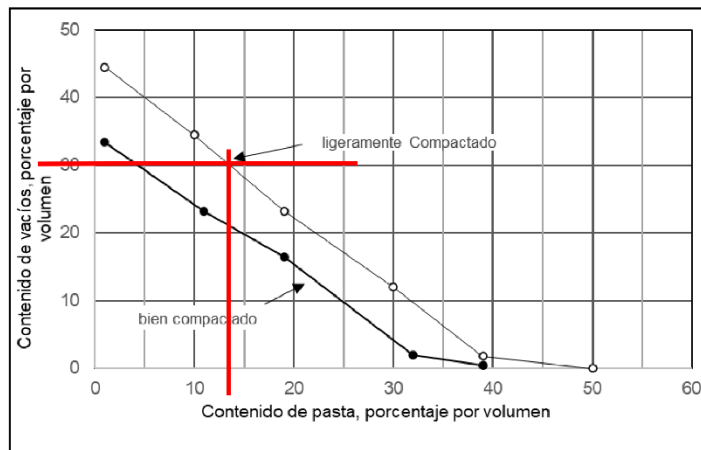
Peso Unitario Varillado	=	1430 kg/m ³
Contenido de agregado Fino	=	0 %AG
Huso Granulométrico	=	8 #
b/bo	=	0.99 %
Peso del Agregado Grueso (Seco)	=	1415.70 kg

P2.- AJUSTE AL PESO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO(SSS)

Porcentaje de Absorción	=	1.71 %
Peso del Agregado Grueso (Seco)	=	1415.70 kg
Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1439.91 kg

P3.- DETERMINAR EL VOLUMEN DE LA PASTA

Contenido de Vacíos	=	30 %
Tipo de Compactación	=	LIGERA Compact
Contenido de Pasta	=	13 %
Volumen de Pasta	=	0.13 m³



ANEXO 04:

M - PT06*

P4.- DETERMINANDO EL CONTENIDO DEL CEMENTO

Gravedad Específica del Cemento	=	3.19 gr/cm ³
Dosis del Aditivo	=	10.00 %
Densidad del Aditivo	=	2.20 kg/L
Densidad del Agua	=	1000 kg/m ³
Relación a/c	=	0.270
Volumen de Pasta	=	0.1300 m ³
Peso del Cemento	=	206.70 kg

P5.- DETERMINAR EL CONTENIDO DEL AGUA

Relación a/c	=	0.270
Peso del Cemento	=	206.70 kg
Peso del Agua	=	55.81 kg

P6.- DETERMINAR EL VOLUMEN DEL SÓLIDO

Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1439.91 kg
Peso Específico de la Masa del A.G.(SSS)	=	2.62 gr/cm ³
Volumen del Agregado Grueso	=	0.5496 m³
Peso del Cemento	=	206.70 kg
Gravedad Específica del Cemento	=	3.19 gr/cm ³
Volumen de Cemento	=	0.0648 m³
Peso del Agua	=	55.81 kg
Densidad del Agua	=	1000 kg/m ³
Volumen del Agua	=	0.0558 m³
Dosis de Aditivo	=	10 %
Peso del Aditivo	=	20.66988985 kg
Densidad del Aditivo	=	2.2 kg/L
Volumen de Aditivo	=	0.00940 m³
Volumen total de Sólido	=	0.6796 m³

P7. DETERMINAR EL PORCENTAJE DE VACÍOS

Porcentaje de Vacíos = $(V_{total} - V_{sólido}) / (V_{total}) * 100$		
Volumen Total	=	1 m ³
Volumen del Sólido	=	0.6796 m ³
Porcentaje de vacíos Teórico	=	32.04 %
Porcentaje de vacíos Esperado	=	30 %
Porcentaje de Vacíos	=	2.04 %

ANEXO 04:

M - PT06*

P4.- DETERMINANDO EL CONTENIDO DEL CEMENTO

Gravedad Específica del Cemento	=	3.19
Dosis del Aditivo	=	10.00 %
Densidad del Aditivo	=	2.20 kg/m ³
Densidad del Agua	=	1000 kg/m ³
Relación a/c	=	0.270
Volumen de Pasta	=	0.0204 m ³
Peso del Cemento	=	32.46 kg

P5.- DETERMINAR EL CONTENIDO DEL AGUA

Relación a/c	=	0.270
Peso del Cemento	=	32.46 kg
Peso del Agua	=	8.76 kg

P6.- DETERMINAR EL VOLUMEN DEL SÓLIDO

Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1439.91 kg
Peso Específico de la Masa del A.G.(SSS)	=	2.62 gr/cm ³
Volumen del Agregado Grueso	=	0.5496 m³
Peso del Cemento	=	239.16 kg
Gravedad Específica del Cemento	=	3.19 gr/cm ³
Volumen de Cemento	=	0.0750 m³
Peso del Agua	=	64.57 kg
Densidad del Agua	=	1000 kg/m ³
Volumen del Agua	=	0.0646 m³
Dosis de Aditivo	=	10 %
Peso del Aditivo	=	23.92 kg
Densidad del Aditivo	=	2.2 kg/L
Volumen de Aditivo	=	0.0109 m³
Volumen total de Sólido	=	0.7000 m³

P7. DETERMINAR EL PORCENTAJE DE VACÍOS

Porcentaje de Vacíos = $(V_{total} - V_{sólido}) / (V_{total}) * 100$		
Volumen Total	=	1 m ³
Volumen del Sólido	=	0.7000 m ³
Porcentaje de vacíos Teórico	=	30.00 %
Porcentaje de vacíos Esperado	=	30 %
Porcentaje de Vacíos	=	0.00 %

ANEXO 04:

M - PT06*

CANTIDAD DE MATERIALES

Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1439.908 kg
Peso del Cemento	=	239.161 kg
Peso del Agua	=	64.574 kg
Peso del Aditivo	=	23.916 kg
Peso Total	=	1767.559 kg

Densidad del Concreto Permeable = **1767.559 kg/m3**

Densidad Teórica = **2525.085 kg/m3**

AJUSTE - CANTIDAD DE MATERIALES POR HUMEDAD Y ABSORCIÓN

Porcentaje de Absorción	=	1.710 %
Contenido de Humedad	=	0.080 %
Humedad - Absorción	=	-1.630 %

ACCIÓN A REALIZAR / (ADICIONAR O QUITAR)

AGREGAR : 23.076 kg

CANTIDADES FINALES PARA LA PREPARACIÓN DE LA MEZCLA

Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1416.833 kg
Peso del Cemento	=	239.161 kg
Peso del Agua	=	64.574 kg
Peso del Agua de Absorción	=	23.076 kg
Peso del Aditivo	=	23.916 kg
Peso Total	=	1767.559 kg
Densidad del concreto Permeable	=	1767.559 kg/m3
Densidad Teórica	=	2525.085 kg/m3

ANEXO 04:

M - PT07

**DISEÑO: CONCRETO POROSO CON ADITIVO SIKAFUME
Y PORTLAND TIPO V: RELACIÓN AGUA CEMENTO a/c = 0.380**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
CONCRETO PERMEABLE		
Contenido de Vacíos	%	22
Relación a/c		0.380
Contenido de Agregado Fino	%AG	0
Nivel de Compactación		LIGERA
AGREGADO GRUESO		
Peso Unitario Varillado	kg/m3	1430
Peso Específico (SSS)	gr/cm3	2.62
Absorción	%	1.71
Contenido de humedad	%	0.08
Tamaño Máximo Nominal	Pulg	1/2
Huso granulométrico	#	57
CEMENTO		
Tipo de Cemento		V
Gravedad Específica Promedio	gr/cm3	3.19
AGUA		
Densidad del Agua	kg/m3	1000
ADITIVO		
Tipo de Aditivo		S
Densidad del Aditivo	kg/L	2.2
Rango de Dosis		5 10
Dosis Ad (%Peso del Cemento)	%	0
Rango de reducción del agua (Supuesto)		15 30
Relación a/c sin aditivo (PATRÓN)		0.38
Reducción del Agua	%	0

ANEXO 04:

M - PT07

P1.- DETERMINANDO EL PESO DEL AGREGADO

Valores Efectivos b/bo

% A. F.	ASTM C33/C33M (Tamaño N°8)	ASTM C33/C33M (Tamaño N°67)
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
2	0.85	0.86

Fuente: ACI 522-R

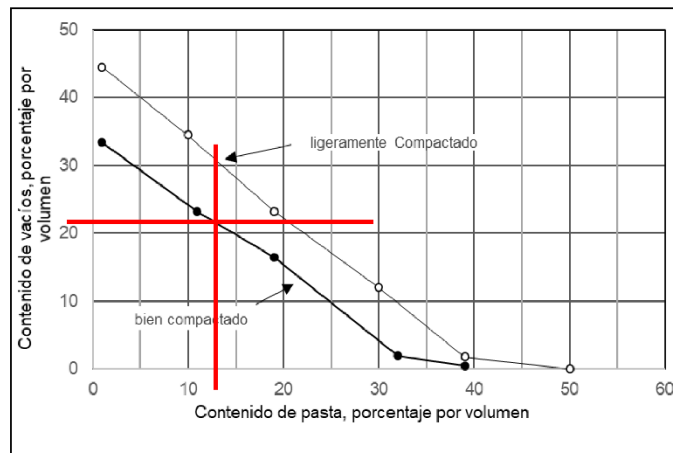
Peso Unitario Varillado	=	1430 kg/m ³
Contenido de agregado Fino	=	0 %AG
Huso Granulométrico	=	57 #
b/bo	=	0.99 %
Peso del Agregado Grueso (Seco)	=	1415.70 kg

P2.- AJUSTE AL PESO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO(SSS)

Porcentaje de Absorción	=	1.71 %
Peso del Agregado Grueso (Seco)	=	1415.70 kg
Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1439.91 kg

P3.- DETERMINAR EL VOLUMEN DE LA PASTA

Contenido de Vacíos	=	22 %
Tipo de Compactación	=	BIEN Compact
Contenido de Pasta	=	13 %
Volumen de Pasta	=	0.13 m³



ANEXO 04:

M - PT07

P4.- DETERMINANDO EL CONTENIDO DEL CEMENTO

Gravedad Específica del Cemento	=	3.19 gr/cm ³
Dosis del Aditivo	=	0.00 %
Densidad del Aditivo	=	2.20 kg/L
Densidad del Agua	=	1000 kg/m ³
Relación a/c	=	0.380
Volumen de Pasta	=	0.1300 m ³
Peso del Cemento	=	187.46 kg

P5.- DETERMINAR EL CONTENIDO DEL AGUA

Relación a/c	=	0.380
Peso del Cemento	=	187.46 kg
Peso del Agua	=	71.23 kg

P6.- DETERMINAR EL VOLUMEN DEL SÓLIDO

Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1439.91 kg
Peso Específico de la Masa del A.G.(SSS)	=	2.62 gr/cm ³
Volumen del Agregado Grueso	=	0.5496 m³
Peso del Cemento	=	187.46 kg
Gravedad Específica del Cemento	=	3.19 gr/cm ³
Volumen de Cemento	=	0.0588 m³
Peso del Agua	=	71.23 kg
Densidad del Agua	=	1000 kg/m ³
Volumen del Agua	=	0.0712 m³
Dosis de Aditivo	=	0 %
Peso del Aditivo	=	0 kg
Densidad del Aditivo	=	2.2 kg/L
Volumen de Aditivo	=	0.00000 m³
Volumen total de Sólido	=	0.6796 m³

P7. DETERMINAR EL PORCENTAJE DE VACÍOS

Porcentaje de Vacíos = (Vtotal-Vsólido)/(Vtotal)*100		
Volumen Total	=	1 m ³
Volumen del Sólido	=	0.6796 m ³
Porcentaje de vacíos Teórico	=	32.04 %
Porcentaje de vacíos Esperado	=	22 %
Porcentaje de Vacíos	=	10.04 %

ANEXO 04:

M - PT07

P4.- DETERMINANDO EL CONTENIDO DEL CEMENTO

Gravedad Específica del Cemento	=	3.19
Dosis del Aditivo	=	0.00 %
Densidad del Aditivo	=	2.20 kg/m3
Densidad del Agua	=	1000 kg/m3
Relación a/c	=	0.380
Volumen de Pasta	=	0.1004 m3
Peso del Cemento	=	144.80 kg

P5.- DETERMINAR EL CONTENIDO DEL AGUA

Relación a/c	=	0.380
Peso del Cemento	=	144.80 kg
Peso del Agua	=	55.02 kg

P6.- DETERMINAR EL VOLUMEN DEL SÓLIDO

Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1439.91 kg
Peso Específico de la Masa del A.G.(SSS)	=	2.62 gr/cm3
Volumen del Agregado Grueso	=	0.5496 m3
Peso del Cemento	=	332.26 kg
Gravedad Específica del Cemento	=	3.19 gr/cm3
Volumen de Cemento	=	0.1042 m3
Peso del Agua	=	126.26 kg
Densidad del Agua	=	1000 kg/m3
Volumen del Agua	=	0.1263 m3
Dosis de Aditivo	=	0 %
Peso del Aditivo	=	0.00 kg
Densidad del Aditivo	=	2.2 kg/L
Volumen de Aditivo	=	0.0000 m3
Volumen total de Sólido	=	0.7800 m3

P7. DETERMINAR EL PORCENTAJE DE VACÍOS

Porcentaje de Vacíos = $(V_{total} - V_{sólido}) / (V_{total}) * 100$		
Volumen Total	=	1 m3
Volumen del Sólido	=	0.7800 m3
Porcentaje de vacíos Teórico	=	22.00 %
Porcentaje de vacíos Esperado	=	22 %
Porcentaje de Vacíos	=	0.00 %

ANEXO 04:

M - PT07

CANTIDAD DE MATERIALES

Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1439.908 kg
Peso del Cemento	=	332.262 kg
Peso del Agua	=	126.259 kg
Peso del Aditivo	=	0.000 kg
Peso Total	=	1898.429 kg

Densidad del Concreto Permeable = **1898.429 kg/m3**

Densidad Teórica = **2433.884 kg/m3**

AJUSTE - CANTIDAD DE MATERIALES POR HUMEDAD Y ABSORCIÓN

Porcentaje de Absorción	=	1.710 %
Contenido de Humedad	=	0.080 %
Humedad - Absorción	=	-1.630 %

ACCIÓN A REALIZAR / (ADICIONAR O QUITAR)

AGREGAR

: 23.076 kg

CANTIDADES FINALES PARA LA PREPARACIÓN DE LA MEZCLA

Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1416.833 kg
Peso del Cemento	=	332.262 kg
Peso del Agua	=	126.259 kg
Peso del Agua de Absorción	=	23.076 kg
Peso del Aditivo	=	0.000 kg
Peso Total	=	1898.429 kg
Densidad del concreto Permeable	=	1898.429 kg/m3
Densidad Teórica	=	2433.884 kg/m3

ANEXO 04:

M - PT08

**DISEÑO: CONCRETO POROSO CON ADITIVO SIKAFUME
Y PORTLAND TIPO V: RELACIÓN AGUA CEMENTO $a/c = 0.340$**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
CONCRETO PERMEABLE		
Contenido de Vacíos	%	22
Relación a/c		0.340
Contenido de Agregado Fino	%AG	0
Nivel de Compactación		LIGERA
AGREGADO GRUESO		
Peso Unitario Varillado	kg/m3	1430
Peso Específico (SSS)	gr/cm3	2.62
Absorción	%	1.71
Contenido de humedad	%	0.08
Tamaño Máximo Nominal	Pulg	3/8
Huso granulométrico	#	8
CEMENTO		
Tipo de Cemento		V
Gravedad Específica Promedio	gr/cm3	3.19
AGUA		
Densidad del Agua	kg/m3	1000
ADITIVO		
Tipo de Aditivo		S
Densidad del Aditivo	kg/L	2.2
Rango de Dosis		5 10
Dosis Ad (%Peso del Cemento)	%	5
Rango de reducción del agua (Supuesto)		15 30
Relación a/c sin aditivo (PATRÓN)		0.38
Reducción del Agua	%	15

ANEXO 04:

M - PT08

P1.- DETERMINANDO EL PESO DEL AGREGADO

Valores Efectivos b/bo

% A. F.	ASTM C33/C33M (Tamaño N°8)	ASTM C33/C33M (Tamaño N°67)
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
2	0.85	0.86

Fuente: ACI 522-R

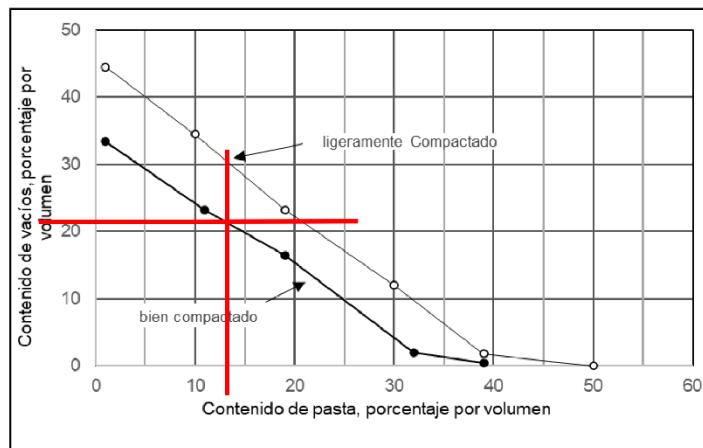
Peso Unitario Varillado	=	1430 kg/m ³
Contenido de agregado Fino	=	0 %AG
Huso Granulométrico	=	8 #
b/bo	=	0.99 %
Peso del Agregado Grueso (Seco)	=	1415.70 kg

P2.- AJUSTE AL PESO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO(SSS)

Porcentaje de Absorción	=	1.71 %
Peso del Agregado Grueso (Seco)	=	1415.70 kg
Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1439.91 kg

P3.- DETERMINAR EL VOLUMEN DE LA PASTA

Contenido de Vacíos	=	22 %
Tipo de Compactación	=	BIEN Compact
Contenido de Pasta	=	13 %
Volumen de Pasta	=	0.13 m³



ANEXO 04:

M - PT08

P4.- DETERMINANDO EL CONTENIDO DEL CEMENTO

Gravedad Específica del Cemento	=	3.19 gr/cm ³
Dosis del Aditivo	=	5.00 %
Densidad del Aditivo	=	2.20 kg/L
Densidad del Agua	=	1000 kg/m ³
Relación a/c	=	0.340
Volumen de Pasta	=	0.1300 m ³
Peso del Cemento	=	192.25 kg

P5.- DETERMINAR EL CONTENIDO DEL AGUA

Relación a/c	=	0.340
Peso del Cemento	=	192.25 kg
Peso del Agua	=	65.36 kg

P6.- DETERMINAR EL VOLUMEN DEL SÓLIDO

Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1439.91 kg
Peso Específico de la Masa del A.G.(SSS)	=	2.62 gr/cm ³
Volumen del Agregado Grueso	=	0.5496 m³
Peso del Cemento	=	192.25 kg
Gravedad Específica del Cemento	=	3.19 gr/cm ³
Volumen de Cemento	=	0.0603 m³
Peso del Agua	=	65.36 kg
Densidad del Agua	=	1000 kg/m ³
Volumen del Agua	=	0.0654 m³
Dosis de Aditivo	=	5 %
Peso del Aditivo	=	9.612442631 kg
Densidad del Aditivo	=	2.2 kg/L
Volumen de Aditivo	=	0.00437 m³
Volumen total de Sólido	=	0.6796 m³

P7. DETERMINAR EL PORCENTAJE DE VACÍOS

Porcentaje de Vacíos = $(V_{total} - V_{sólido}) / (V_{total}) * 100$	
Volumen Total	= 1 m ³
Volumen del Sólido	= 0.6796 m ³
Porcentaje de vacíos Teórico	= 32.04 %
Porcentaje de vacíos Esperado	= 22 %
Porcentaje de Vacíos	= 10.04 %

ANEXO 04:

M - PT08

P4.- DETERMINANDO EL CONTENIDO DEL CEMENTO

Gravedad Específica del Cemento	=	3.19
Dosis del Aditivo	=	5.00 %
Densidad del Aditivo	=	2.20 kg/m ³
Densidad del Agua	=	1000 kg/m ³
Relación a/c	=	0.340
Volumen de Pasta	=	0.1004 m ³
Peso del Cemento	=	148.50 kg

P5.- DETERMINAR EL CONTENIDO DEL AGUA

Relación a/c	=	0.340
Peso del Cemento	=	148.50 kg
Peso del Agua	=	50.49 kg

P6.- DETERMINAR EL VOLUMEN DEL SÓLIDO

Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1439.91 kg
Peso Específico de la Masa del A.G.(SSS)	=	2.62 gr/cm ³
Volumen del Agregado Grueso	=	0.5496 m³
Peso del Cemento	=	340.75 kg
Gravedad Específica del Cemento	=	3.19 gr/cm ³
Volumen de Cemento	=	0.1068 m³
Peso del Agua	=	115.85 kg
Densidad del Agua	=	1000 kg/m ³
Volumen del Agua	=	0.1159 m³
Dosis de Aditivo	=	5 %
Peso del Aditivo	=	17.04 kg
Densidad del Aditivo	=	2.2 kg/L
Volumen de Aditivo	=	0.0077 m³
Volumen total de Sólido	=	0.7800 m³

P7. DETERMINAR EL PORCENTAJE DE VACÍOS

Porcentaje de Vacíos = $(V_{total} - V_{sólido}) / (V_{total}) * 100$		
Volumen Total	=	1 m ³
Volumen del Sólido	=	0.7800 m ³
Porcentaje de vacíos Teórico	=	22.00 %
Porcentaje de vacíos Esperado	=	22 %
Porcentaje de Vacíos	=	0.00 %

ANEXO 04:

M - PT08

CANTIDAD DE MATERIALES

Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1439.908 kg
Peso del Cemento	=	340.749 kg
Peso del Agua	=	115.855 kg
Peso del Aditivo	=	17.037 kg
Peso Total	=	1913.549 kg

Densidad del Concreto Permeable = **1913.549 kg/m³**

Densidad Teórica = **2453.268 kg/m³**

AJUSTE - CANTIDAD DE MATERIALES POR HUMEDAD Y ABSORCIÓN

Porcentaje de Absorción	=	1.710 %
Contenido de Humedad	=	0.080 %
Humedad - Absorción	=	-1.630 %

ACCIÓN A REALIZAR / (ADICIONAR O QUITAR)

AGREGAR : 23.076 kg

CANTIDADES FINALES PARA LA PREPARACIÓN DE LA MEZCLA

Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1416.833 kg
Peso del Cemento	=	340.749 kg
Peso del Agua	=	115.855 kg
Peso del Agua de Absorción	=	23.076 kg
Peso del Aditivo	=	17.037 kg
Peso Total	=	1913.549 kg
Densidad del concreto Permeable	=	1913.549 kg/m³
Densidad Teórica	=	2453.268 kg/m³

ANEXO 04:

M - PT11

**DISEÑO: CONCRETO POROSO CON ADITIVO SIKAFUME
Y PORTLAND TIPO V: RELACIÓN AGUA CEMENTO $a/c = 0.270$**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
CONCRETO PERMEABLE		
Contenido de Vacíos	%	22
Relación a/c		0.270
Contenido de Agregado Fino	%AG	0
Nivel de Compactación		LIGERA
AGREGADO GRUESO		
Peso Unitario Varillado	kg/m ³	1430
Peso Específico (SSS)	gr/cm ³	2.62
Absorción	%	1.71
Contenido de humedad	%	0.08
Tamaño Máximo Nominal	Pulg	3/8
Huso granulométrico	#	8
CEMENTO		
Tipo de Cemento		V
Gravedad Específica Promedio	gr/cm ³	3.19
AGUA		
Densidad del Agua	kg/m ³	1000
ADITIVO		
Tipo de Aditivo		S
Densidad del Aditivo	kg/L	2.2
Rango de Dosis		5 10
Dosis Ad (%Peso del Cemento)	%	10
Rango de reducción del agua (Supuesto)		15 30
Relación a/c sin aditivo (PATRÓN)		0.38
Reducción del Agua	%	30

ANEXO 04:

M - PT11

P1.- DETERMINANDO EL PESO DEL AGREGADO

Valores Efectivos b/bo

% A. F.	ASTM C33/C33M (Tamaño N°8)	ASTM C33/C33M (Tamaño N°67)
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
2	0.85	0.86

Fuente: ACI 522-R

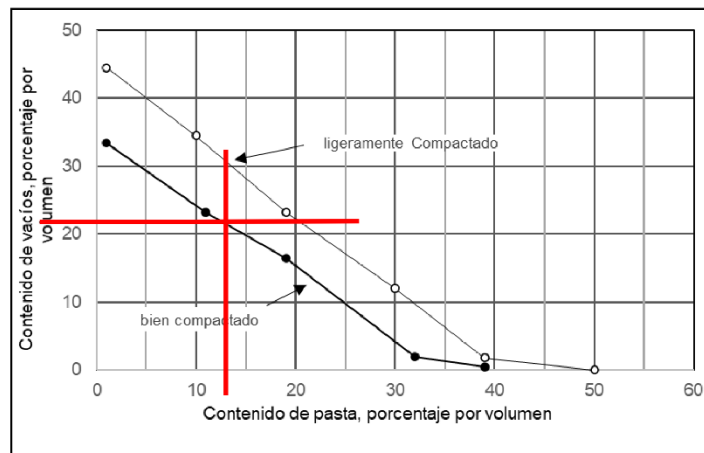
Peso Unitario Varillado	=	1430 kg/m ³
Contenido de agregado Fino	=	0 %AG
Huso Granulométrico	=	8 #
b/bo	=	0.99 %
Peso del Agregado Grueso (Seco)	=	1415.70 kg

P2.- AJUSTE AL PESO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO(SSS)

Porcentaje de Absorción	=	1.71 %
Peso del Agregado Grueso (Seco)	=	1415.70 kg
Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1439.91 kg

P3.- DETERMINAR EL VOLUMEN DE LA PASTA

Contenido de Vacíos	=	22 %
Tipo de Compactación	=	BIEN Compact
Contenido de Pasta	=	13 %
Volumen de Pasta	=	0.13 m³



ANEXO 04:

M - PT11

P4.- DETERMINANDO EL CONTENIDO DEL CEMENTO

Gravedad Específica del Cemento	=	3.19 gr/cm ³
Dosis del Aditivo	=	10.00 %
Densidad del Aditivo	=	2.20 kg/L
Densidad del Agua	=	1000 kg/m ³
Relación a/c	=	0.270
Volumen de Pasta	=	0.1300 m ³
Peso del Cemento	=	206.70 kg

P5.- DETERMINAR EL CONTENIDO DEL AGUA

Relación a/c	=	0.270
Peso del Cemento	=	206.70 kg
Peso del Agua	=	55.81 kg

P6.- DETERMINAR EL VOLUMEN DEL SÓLIDO

Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1439.91 kg
Peso Específico de la Masa del A.G.(SSS)	=	2.62 gr/cm ³
Volumen del Agregado Grueso	=	0.5496 m³
Peso del Cemento	=	206.70 kg
Gravedad Específica del Cemento	=	3.19 gr/cm ³
Volumen de Cemento	=	0.0648 m³
Peso del Agua	=	55.81 kg
Densidad del Agua	=	1000 kg/m ³
Volumen del Agua	=	0.0558 m³
Dosis de Aditivo	=	10 %
Peso del Aditivo	=	20.66988985 kg
Densidad del Aditivo	=	2.2 kg/L
Volumen de Aditivo	=	0.00940 m³
Volumen total de Sólido	=	0.6796 m³

P7. DETERMINAR EL PORCENTAJE DE VACÍOS

Porcentaje de Vacíos = $(V_{total} - V_{sólido}) / (V_{total}) * 100$		
Volumen Total	=	1 m ³
Volumen del Sólido	=	0.6796 m ³
Porcentaje de vacíos Teórico	=	32.04 %
Porcentaje de vacíos Esperado	=	22 %
Porcentaje de Vacíos	=	10.04 %

ANEXO 04:

M - PT11

P4.- DETERMINANDO EL CONTENIDO DEL CEMENTO

Gravedad Específica del Cemento	=	3.19
Dosis del Aditivo	=	10.00 %
Densidad del Aditivo	=	2.20 kg/m ³
Densidad del Agua	=	1000 kg/m ³
Relación a/c	=	0.270
Volumen de Pasta	=	0.1004 m ³
Peso del Cemento	=	159.66 kg

P5.- DETERMINAR EL CONTENIDO DEL AGUA

Relación a/c	=	0.270
Peso del Cemento	=	159.66 kg
Peso del Agua	=	43.11 kg

P6.- DETERMINAR EL VOLUMEN DEL SÓLIDO

Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1439.91 kg
Peso Específico de la Masa del A.G.(SSS)	=	2.62 gr/cm ³
Volumen del Agregado Grueso	=	0.5496 m³
Peso del Cemento	=	366.36 kg
Gravedad Específica del Cemento	=	3.19 gr/cm ³
Volumen de Cemento	=	0.1148 m³
Peso del Agua	=	98.92 kg
Densidad del Agua	=	1000 kg/m ³
Volumen del Agua	=	0.0989 m³
Dosis de Aditivo	=	10 %
Peso del Aditivo	=	36.64 kg
Densidad del Aditivo	=	2.2 kg/L
Volumen de Aditivo	=	0.0167 m³
Volumen total de Sólido	=	0.7800 m³

P7. DETERMINAR EL PORCENTAJE DE VACÍOS

Porcentaje de Vacíos = $(V_{total} - V_{sólido}) / (V_{total}) * 100$		
Volumen Total	=	1 m ³
Volumen del Sólido	=	0.7800 m ³
Porcentaje de vacíos Teórico	=	22.00 %
Porcentaje de vacíos Esperado	=	22 %
Porcentaje de Vacíos	=	0.00 %

ANEXO 04:

M - PT11

CANTIDAD DE MATERIALES

Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1439.908 kg
Peso del Cemento	=	366.360 kg
Peso del Agua	=	98.917 kg
Peso del Aditivo	=	36.636 kg
Peso Total	=	1941.822 kg

Densidad del Concreto Permeable = **1941.822 kg/m³**

Densidad Teórica = **2489.516 kg/m³**

AJUSTE - CANTIDAD DE MATERIALES POR HUMEDAD Y ABSORCIÓN

Porcentaje de Absorción	=	1.710 %
Contenido de Humedad	=	0.080 %
Humedad - Absorción	=	-1.630 %

ACCIÓN A REALIZAR / (ADICIONAR O QUITAR)

AGREGAR : 23.076 kg

CANTIDADES FINALES PARA LA PREPARACIÓN DE LA MEZCLA

Peso del Agregado Grueso (SSS)	=	1416.833 kg
Peso del Cemento	=	366.360 kg
Peso del Agua	=	98.917 kg
Peso del Agua de Absorción	=	23.076 kg
Peso del Aditivo	=	36.636 kg
Peso Total	=	1941.822 kg
Densidad del concreto Permeable	=	1941.822 kg/m³
Densidad Teórica	=	2489.516 kg/m³

ANEXO 05:

Resultados del ensayo de Peso Unitario y Contenido de Vacíos del Concreto Poroso en estado fresco

DISEÑO	VOL. DEL MOLDE (m³)	MASA DEL MOLDE (kg)	MASA DEL CONCRETO (kg)	MASA DEL MOLDE + CONCRETO (kg)	MASA DEL CONCRETO (kg)	P.U. "D" (kg/m³)	P.U. TEÓRICO (kg/m³)	DENSIDAD TEÓRICA "T" (kg/m³)	CONT. DE VACIOS TEÓRICO %	CONT. DE VACIOS %
M - PT01 (P)	0.0056	8.82	18.16	17.98	9.34	1667.86	1739.23	2484.62	30	32.9
M - PT02	0.0056	8.82	17.98	17.87	9.16	1635.71	1749.10	2498.72	30	34.5
M - PT03	0.0056	8.82	17.87	17.88	9.05	1616.07	1754.88	2506.97	30	35.5
M - PT04	0.0056	8.82	17.88	17.88	9.06	1617.86	1761.19	2515.99	30	35.7
M - PT05	0.0056	8.82	17.75	17.75	8.93	1594.64	1767.56	2525.08	30	36.8
M - PT06 (*)	0.0056	8.82	18.46	18.46	9.64	1721.43	1767.56	2525.08	30	31.8
M - PT07 (P)	0.0056	8.82	19.15	19.15	10.33	1844.64	1898.43	2433.88	22	24.2
M - PT08	0.0056	8.82	19.08	19.08	10.26	1832.14	1913.55	2453.27	22	25.3
M - PT11	0.0056	8.82	19.05	19.05	10.23	1826.79	1941.82	2489.52	22	26.6

Fórmulas:

* Peso Unitario:

$$D = \frac{M_c - M_m}{V_n}$$

* Peso Unitario Teórico:

$$T = \frac{M_s}{V_s}$$

* Contenido de Vacíos:

$$U = \frac{T - D}{T} * 100$$

Donde:

D: Densidad (Peso unitario)

M_c: Masa del recipiente + concreto

M_m: Masa del recipiente

V_n: Volumen del recipiente

M_s: Masa de los sólidos

V_s: Volumen de los sólidos

U: Contenido de Vacíos

ANEXO 06:

ENSAYO DE RESISTENCIA A LOS 7 DÍAS

DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO (cm.)	ALTURA (cm.)	PESO (kg.)	ÁREA (cm ²)	FUERZA (kgf)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
M-PT01-1	15.03	30.05	8.94	177.42	6174.29	34.8
M-PT01-2	15.16	30.01	8.68	180.50	5523.44	30.6
M-PT01-3	15.24	30.04	8.71	182.41	5819.03	31.9

M-PT02-1	15.05	29.55	8.24	177.89	5372.42	30.2
M-PT02-2	15.11	29.41	8.14	179.32	5343.61	29.8
M-PT02-3	15.06	29.31	7.86	178.13	5949.58	33.4
M-PT03-1	15.12	29.99	8.60	179.55	5655.93	31.5
M-PT03-2	15.05	30.38	8.43	177.89	5052.21	28.4
M-PT03-3	14.89	30.3	8.78	174.13	5067.25	29.1
M-PT04-1	15.01	30.21	8.68	176.95	5149.25	29.1
M-PT04-2	15.04	30.41	8.73	177.66	4992.20	28.1
M-PT04-3	14.94	30.02	8.82	175.30	5749.96	32.8
M-PT05-1	14.8	29.88	8.24	172.03	5401.86	31.4
M-PT05-2	14.91	30.03	8.36	174.60	4469.77	25.6
M-PT05-3	15.02	30.14	8.38	177.19	5085.24	28.7

M-PT06-1	15.18	30.32	9.27	180.98	6243.85	34.5
M-PT06-2	15.15	30.26	9.27	180.27	5371.94	29.8
M-PT06-3	15.12	30.24	9.23	179.55	5494.33	30.6

M-PT07-1	15.08	30.4	11.14	178.60	18717.76	104.8
M-PT07-2	15.07	30.39	11.00	178.37	16713.06	93.7
M-PT07-3	15.11	30.41	11.41	179.32	19079.21	106.4
M-PT08-1	15.08	30.36	10.72	178.60	16538.78	92.6
M-PT08-2	15.06	30.31	10.62	178.13	18828.46	105.7
M-PT08-3	15.04	30.32	10.58	177.66	17677.00	99.5
M-PT11-1	15.07	30.41	10.36	178.37	18443.23	103.4
M-PT11-2	15.09	30.39	10.25	178.84	17133.02	95.8
M-PT11-3	15.06	30.32	10.18	178.13	17243.09	96.8

Fórmulas:

* Resistencia a la Compresión:

$$f'c = \frac{F}{A}$$

Donde:

f'c: Resistencia a la Compresión
 F: Carga máxima aplicada
 A: Área de la probeta

ANEXO 06:

ENSAYO DE RESISTENCIA A LOS 14 DÍAS

DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO (cm.)	ALTURA (cm.)	PESO (kg.)	ÁREA (cm2)	FUERZA (kgf)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
M-PT01-1	15.14	30.48	8.96	180.03	8857.41	49.2
M-PT01-2	15.07	29.93	8.65	178.37	8650.84	48.5
M-PT01-3	15.04	30.45	8.77	177.66	9717.91	54.7
M-PT02-1	15.17	29.71	8.29	180.74	7338.16	40.6
M-PT02-2	15.16	29.33	8.05	180.50	8068.56	44.7
M-PT02-3	15.17	29.46	8.14	180.74	6958.60	38.5
M-PT03-1	15.70	30.37	8.85	193.59	7124.21	36.8
M-PT03-2	15.60	29.98	8.45	191.13	7339.56	38.4
M-PT03-3	15.70	30.18	8.84	193.59	7782.43	40.2
M-PT04-1	15.70	30.32	8.93	193.59	7685.63	39.7
M-PT04-2	15.60	29.91	8.75	191.13	8314.35	43.5
M-PT04-3	15.70	30.14	8.73	193.59	7317.81	37.8
M-PT05-1	15.70	30.35	8.70	193.59	6988.70	36.1
M-PT05-2	15.60	30.27	8.46	191.13	6632.37	34.7
M-PT05-3	15.70	30.19	8.73	193.59	7898.59	40.8
M-PT06-1	15.05	30.19	9.33	177.89	9179.36	51.6
M-PT06-2	15.03	30.21	9.14	177.42	7948.51	44.8
M-PT06-3	15.06	30.31	9.15	178.13	8817.49	49.5
M-PT07-1	15.11	30.28	11.05	179.32	23454.52	130.8
M-PT07-2	15.08	30.12	11.38	178.60	24540.27	137.4
M-PT07-3	15.02	30.35	11.25	177.19	22981.04	129.7
M-PT08-1	15.08	30.27	10.56	178.60	22486.32	125.9
M-PT08-2	15.07	30.32	10.21	178.37	20637.15	115.7
M-PT08-3	15.06	30.29	10.49	178.13	21268.86	119.4
M-PT11-1	15.14	30.27	10.11	180.03	20829.32	115.7
M-PT11-2	15.11	30.34	10.31	179.32	20944.10	116.8
M-PT11-3	15.09	30.37	10.27	178.84	21925.97	122.6

Fórmulas:

* Resistencia a la Compresión:

$$f'c = \frac{F}{A}$$

Donde:

f'c: Resistencia a la Compresión
 F: Carga máxima aplicada
 A: Área de la probeta

ANEXO 06:

ENSAYO DE RESISTENCIA A LOS 21 DÍAS

DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO (cm.)	ALTURA (cm.)	PESO (kg.)	ÁREA (cm2)	FUERZA (kgf)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
M-PT01-1	15.09	30.15	8.35	178.84	10873.56	60.8
M-PT01-2	15.01	29.94	8.16	176.95	10864.75	61.4
M-PT01-3	15.08	30.56	8.42	178.60	10126.88	56.7

M-PT02-1	15.07	29.98	8.62	178.37	8954.06	50.2
M-PT02-2	15.06	30.11	8.46	178.13	8514.67	47.8
M-PT02-3	15.06	30.15	8.35	17813.11	815840.58	45.8
M-PT03-1	15.14	30.21	8.64	180.03	8227.31	45.7
M-PT03-2	15.07	30.17	8.45	178.37	8418.96	47.2
M-PT03-3	15.13	30.32	8.51	179.79	7515.26	41.8
M-PT04-1	14.96	30.33	8.76	175.77	7892.22	44.9
M-PT04-2	15.08	30.21	8.58	178.60	7251.35	40.6
M-PT04-3	15.11	30.37	8.88	179.32	8463.71	47.2
M-PT05-1	15.08	30.21	8.45	178.60	7519.25	42.1
M-PT05-2	15.06	30.33	8.83	178.13	7089.62	39.8
M-PT05-3	14.99	30.41	8.65	176.48	7359.18	41.7

M-PT06-1	15.08	30.18	9.21	178.60	11519.99	64.5
M-PT06-2	15.09	30.27	9.37	178.84	12053.92	67.4
M-PT06-3	15.06	30.15	9.49	178.13	10830.37	60.8

M-PT07-1	15.08	30.33	11.41	178.60	28344.55	158.7
M-PT07-2	15.07	30.29	11.38	178.37	26773.00	150.1
M-PT07-3	15.07	30.41	11.27	178.37	26701.66	149.7
M-PT08-1	15.11	30.23	10.65	179.32	26520.82	147.9
M-PT08-2	15.09	30.37	10.41	178.84	28024.47	156.7
M-PT08-3	15.07	30.34	10.34	178.37	25185.53	141.2
M-PT11-1	15.13	30.28	10.34	179.79	26393.31	146.8
M-PT11-2	15.09	30.42	10.27	178.84	24948.39	139.5
M-PT11-3	15.11	30.37	10.21	179.32	25875.28	144.3

Fórmulas:

* Resistencia a la Compresión:

$$f'c = \frac{F}{A}$$

Donde:

f'c: Resistencia a la Compresión
 F: Carga máxima aplicada
 A: Área de la probeta

ANEXO 06:

ENSAYO DE RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS

DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO (cm.)	ALTURA (cm.)	PESO (kg.)	ÁREA (cm2)	FUERZA (kgf)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
M-PT01-1	15.07	30.45	8.62	178.37	11914.97	66.8
M-PT01-2	15.06	30.46	8.72	178.13	12023.85	67.5
M-PT01-3	15.07	30.46	8.82	178.37	11397.70	63.9
M-PT02-1	15.07	30.31	8.03	178.37	8650.84	48.5
M-PT02-2	15.06	30.11	8.26	178.13	9155.94	51.4
M-PT02-3	15.06	29.97	8.03	178.13	9476.58	53.2
M-PT03-1	15.07	30.33	8.25	178.37	8989.74	50.4
M-PT03-2	15.07	30.15	8.33	178.37	7973.04	44.7
M-PT03-3	15.07	30.50	8.40	178.37	8133.57	45.6
M-PT04-1	15.08	30.32	8.17	178.60	8662.32	48.5
M-PT04-2	15.06	30.18	8.32	178.13	7802.14	43.8
M-PT04-3	15.06	30.32	8.23	178.13	7998.09	44.9
M-PT05-1	15.08	30.51	8.77	178.60	7644.28	42.8
M-PT05-2	15.07	30.48	8.59	178.37	8472.47	47.5
M-PT05-3	15.08	30.42	8.54	178.60	7412.09	41.5
M-PT06-1	15.04	30.36	9.25	177.66	13466.50	75.8
M-PT06-2	15.08	30.28	9.51	178.60	12305.85	68.9
M-PT06-3	15.07	30.42	9.38	178.37	12539.25	70.3
M-PT07-1	15.11	30.42	11.43	179.32	29658.85	165.4
M-PT07-2	15.09	30.38	11.28	178.84	27470.06	153.6
M-PT07-3	15.06	30.27	11.37	178.13	28803.80	161.7
M-PT08-1	15.07	30.35	10.58	178.37	27950.23	156.7
M-PT08-2	15.08	30.43	10.38	178.60	26504.92	148.4
M-PT08-3	15.08	30.26	10.47	178.60	28094.50	157.3
M-PT11-1	15.07	30.27	10.37	178.37	26166.55	146.7
M-PT11-2	15.09	30.39	10.24	178.84	27791.97	155.4
M-PT11-3	15.11	30.31	10.31	179.32	26126.33	145.7

Fórmulas:

* Resistencia a la Compresión:

$$f'c = \frac{F}{A}$$

Donde:

f'c: Resistencia a la Compresión
 F: Carga máxima aplicada
 A: Área de la probeta

ANEXO 07:

ENSAYO DE TASA DE INFILTRACIÓN (PERMEABILIDAD)

DESCRIPCIÓN	Ø PROM. CIL. (cm.)	Ø PROM. TUB. (cm.)	ÁREA CIL. (cm ² .)	ÁREA TUB. (cm ² .)	PROM. "L" (mm.)	PROM. "H1" (mm.)	PROM. "H2" (mm.)	TIEMPO (seg.)	PERM. (mm/seg)	PROM. PERM. (mm/seg)
M-PT01-1	9.821	9.925	75.75	77.37	200.002	250	70	20.98	11.88	
M-PT01-2	9.819	9.925	75.72	77.37	199.045	250	70	23.56	10.53	11.13
M-PT01-3	9.811	9.925	75.60	77.37	201.004	250	70	22.75	10.99	

M-PT02-1	9.823	9.925	75.78	77.37	200.051	250	70	20.78	12.00	
M-PT02-2	9.819	9.925	75.72	77.37	199.903	250	70	22.05	11.30	11.70
M-PT02-3	9.814	9.925	75.65	77.37	199.214	250	70	20.99	11.81	
M-PT03-1	9.824	9.925	75.80	77.37	200.182	250	70	20.78	12.01	
M-PT03-2	9.823	9.925	75.78	77.37	199.985	250	70	21.07	11.84	11.96
M-PT03-3	9.856	9.925	76.29	77.37	201.254	250	70	20.99	12.04	
M-PT04-1	9.816	9.925	75.68	77.37	199.945	250	70	19.24	12.94	
M-PT04-2	9.814	9.925	75.65	77.37	200.142	250	70	19.36	12.87	12.81
M-PT04-3	9.821	9.925	75.75	77.37	200.251	250	70	19.75	12.64	
M-PT05-1	9.821	9.925	75.75	77.37	200.182	250	70	17.23	14.48	
M-PT05-2	9.819	9.925	75.72	77.37	199.985	250	70	18.09	13.77	14.29
M-PT05-3	9.817	9.925	75.69	77.37	201.254	250	70	17.15	14.61	

M-PT06-1	9.819	9.925	75.72	77.37	199.458	250	70	22.15	11.22	
M-PT06-2	9.814	9.925	75.65	77.37	199.954	250	70	24.78	10.04	10.32
M-PT06-3	9.799	9.925	75.41	77.37	200.964	250	70	25.73	9.69	

M-PT07-1	9.815	9.925	75.66	77.37	199.781	250	70	38.57	6.45	
M-PT07-2	9.819	9.925	75.72	77.37	199.985	250	70	36.16	6.89	6.52
M-PT07-3	9.799	9.925	75.41	77.37	201.035	250	70	40.12	6.22	
M-PT08-1	9.823	9.925	75.78	77.37	199.854	250	70	37.15	6.71	
M-PT08-2	9.809	9.925	75.57	77.37	201.025	250	70	32.56	7.68	6.96
M-PT08-3	9.812	9.925	75.61	77.37	200.078	250	70	38.24	6.51	
M-PT11-1	9.821	9.925	75.75	77.37	200.189	250	70	30.15	8.28	
M-PT11-2	9.815	9.925	75.66	77.37	199.989	250	70	33.96	7.33	7.49
M-PT11-3	9.814	9.925	75.65	77.37	200.569	250	70	36.45	6.85	

Fórmula:

* Índice de Infiltración (Permeabilidad):

$$Permeabilidad = \frac{L}{t} * \frac{a}{A} * Ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right)$$

Donde:

L: Longitud de la probeta
t: Tiempo de demora de h1 a h2
a: área de la probeta

A: Área del tubo de PVC
h₁: Altura inicial del agua
h₂: Altura final del agua

ANEXO 08:

ENSAYO DE PESO UNITARIO SECO Y CONTENIDO DE VACÍOS

DESCRIPCIÓN	Ø PROM. CIL. (mm.)	PROM. "L" (mm.)	K (S.I.)	MASA EN EL AIRE "A" (gr.)	MASA EN EL AGUA "B" (gr.)	P.U. SECO (kg/m³)	PROM. P.U. SECO (kg/m³)	P.U. TEÓRICO (kg/m³)	CONTENIDO DE VACÍOS	PROM. CONTENIDO DE VACÍOS
M-PT01-1	99.98	202.26	1273240	2518	1468	1585.73			33.88	
M-PT01-2	99.99	202.14	1273240	2529	1473	1593.29	1583.14	2484.62	33.47	34.64
M-PT01-3	100.15	201.36	1273240	2491	1485	1570.39			36.58	
M-PT02-1	100.18	202.37	1273240	2485	1459	1557.86			35.68	
M-PT02-2	100.07	202.41	1273240	2473	1462	1553.44	1555.41	2498.72	36.49	36.44
M-PT02-3	100.15	202.14	1273240	2476	1475	1554.92			37.14	
M-PT03-1	99.97	201.92	1273240	2489	1485	1570.42			36.65	
M-PT03-2	99.96	202.15	1273240	2538	1586	1599.84	1590.21	2506.97	39.99	37.53
M-PT03-3	100.15	202.19	1273240	2549	1529	1600.36			35.96	
M-PT04-1	100.15	202.30	1273240	2527	1573	1585.69			40.14	
M-PT04-2	100.07	201.99	1273240	2586	1612	1627.80	1604.24	2515.99	38.69	38.70
M-PT04-3	100.19	202.17	1273240	2549	1549	1599.24			37.26	
M-PT05-1	100.25	201.25	1273240	2614	1643	1645.55			38.87	
M-PT05-2	99.98	202.31	1273240	2605	1651	1640.12	1638.91	2525.09	39.94	40.42
M-PT05-3	100.32	201.98	1273240	2604	1685	1631.05			42.44	
M-PT06-1	100.12	202.19	1273240	2845	1745	1787.27			30.90	
M-PT06-2	100.08	202.38	1273240	2867	1762	1800.84	1793.03	2525.09	30.59	31.24
M-PT06-3	100.16	202.25	1273240	2854	1774	1790.96			32.23	
M-PT07-1	99.96	202.50	1273240	2979	1721	1874.58			20.84	
M-PT07-2	99.98	200.00	1273240	2953	1705	1880.69	1875.64	2433.88	20.52	20.96
M-PT07-3	100.01	202.75	1273240	2981	1731	1871.65			21.52	
M-PT08-1	100.13	201.98	1273240	2945	1698	1851.65			21.60	
M-PT08-2	100.19	201.85	1273240	2937	1681	1845.60	1847.53	2453.27	21.07	21.76
M-PT08-3	100.03	201.56	1273240	2923	1697	1845.33			22.60	
M-PT11-1	100.13	201.85	1273240	2853	1628	1794.96			22.93	
M-PT11-2	100.05	201.96	1273240	2865	1648	1804.41	1800.29	2489.52	23.35	22.84
M-PT11-3	100.26	201.79	1273240	2870	1631	1801.51			22.23	

Fórmulas:

° Densidad (Peso Unitario Seco):

$$Densidad = \frac{K * A}{D^2 * L}$$

° Contenido de Vacíos:

$$Contenido\ de\ vacíos = \left[1 - \left(\frac{K * (A - B)}{\rho_w * D^2 * L} \right) \right] * 100$$

Donde:

A: Masa de la probeta (gr.)

D: Diámetro prom. De la probeta (mm.)

L: Long. Prom. De la probeta (mm.)

K: 1273240 en unidades SI

B: Masa de la probeta en agua, gr.

 ρ_w : Densidad del agua kg/m3

ANEXO 09:

**ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS PARA LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO POROSO
CON ADITIVO SIKA FUME Y CEMENTO PORTLAND TIPO V**

1- DISEÑO M-PT01 (P)		RELACIÓN a/c= 0.38				
PARTIDA:	Preparación + transporte de concreto poroso + relación a/c=0.38			Rend:	22.5	M3/DIA
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
	MANO DE OBRA					
	CAPATAZ	HH	0.10	0.0356	25.69	0.91
	OPERARIO	HH	1.00	0.3556	23.35	8.30
	OFICIAL	HH	1.00	0.3556	18.45	6.56
	PEÓN	HH	8.00	2.8444	16.68	47.45
						63.22
	MATERIALES					
	PIEDRA CHANCADA DE 1/2	M3		0.5771	95.00	54.82
	CEMENTO PORTLAND TIPO V (42.5 KG)	KG		227.7461	1.18	267.94
	ADITIVO SIKA FUME	KG		0.0000	10.00	0.00
	AGUA	M3		0.1108	4.80	0.53
	GASOLINA DE 90 OCTANOS	GLN		0.1260	17.50	2.21
						325.50
	EQUIPO					
	HERRAMIENTAS	%MO		3.0000	63.22	1.90
	MEZCLADORA DE CONCRETO	HM	1.00	0.3556	12.50	4.45
						6.34
						Costo Unitario por M3: 395.06

2- DISEÑO M-PT02		RELACIÓN a/c= 0.34				
PARTIDA:	Preparación + transporte de concreto poroso + relación a/c=0.38			Rend:	22.5	M3/DIA
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
	MANO DE OBRA					
	CAPATAZ	HH	0.10	0.0356	25.69	0.91
	OPERARIO	HH	1.00	0.3556	23.35	8.30
	OFICIAL	HH	1.00	0.3556	18.45	6.56
	PEÓN	HH	8.00	2.8444	16.68	47.45
						63.22
	MATERIALES					
	PIEDRA CHANCADA DE 1/2	M3		0.5771	95.00	54.82
	CEMENTO PORTLAND TIPO V (42.5 KG)	KG		233.5641	1.18	274.78
	ADITIVO SIKA FUME	KG		11.6781	10.00	116.78
	AGUA	M3		0.1036	4.80	0.50
	GASOLINA DE 90 OCTANOS	GLN		0.1260	17.50	2.21
						449.09
	EQUIPO					
	HERRAMIENTAS	%MO		3.0000	63.22	1.90
	MEZCLADORA DE CONCRETO	HM	1.00	0.3556	12.50	4.45
						6.34
						Costo Unitario por M3: 518.65

ANEXO 09:

**ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS PARA LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO POROSO
CON ADITIVO SIKA FUME Y CEMENTO PORTLAND TIPO V**

3- DISEÑO M-PT03		RELACIÓN a/c= 0.317				
PARTIDA:	Preparación + transporte de concreto poroso + relación a/c=0.38			Rend:	22.5	M3/DIA
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
	MANO DE OBRA					
	CAPATAZ	HH	0.10	0.0356	25.69	0.91
	OPERARIO	HH	1.00	0.3556	23.35	8.30
	OFICIAL	HH	1.00	0.3556	18.45	6.56
	PEÓN	HH	8.00	2.8444	16.68	47.45
						63.22
	MATERIALES					
	PIEDRA CHANCADA DE 1/2	M3		0.5771	95.00	54.82
	CEMENTO PORTLAND TIPO V (42.5 KG)	KG		238.9611	1.18	281.13
	ADITIVO SIKA FUME	KG		16.0104	10.00	160.10
	AGUA	M3		0.1000	4.80	0.48
	GASOLINA DE 90 OCTANOS	GLN		0.1260	17.50	2.21
						498.74
	EQUIPO					
	HERRAMIENTAS	%MO		3.0000	63.22	1.90
	MEZCLADORA DE CONCRETO	HM	1.00	0.3556	12.50	4.45
						6.34
						Costo Unitario por M3: 568.30

4- DISEÑO M-PT04		RELACIÓN a/c= 0.293				
PARTIDA:	Preparación + transporte de concreto poroso + relación a/c=0.38			Rend:	22.5	M3/DIA
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
	MANO DE OBRA					
	CAPATAZ	HH	0.10	0.0356	25.69	0.91
	OPERARIO	HH	1.00	0.3556	23.35	8.30
	OFICIAL	HH	1.00	0.3556	18.45	6.56
	PEÓN	HH	8.00	2.8444	16.68	47.45
						63.22
	MATERIALES					
	PIEDRA CHANCADA DE 1/2	M3		0.5771	95.00	54.82
	CEMENTO PORTLAND TIPO V (42.5 KG)	KG		245.1656	1.18	288.43
	ADITIVO SIKA FUME	KG		20.3490	10.00	203.49
	AGUA	M3		0.0961	4.80	0.46
	GASOLINA DE 90 OCTANOS	GLN		0.1260	17.50	2.21
						549.41
	EQUIPO					
	HERRAMIENTAS	%MO		3.0000	63.22	1.90
	MEZCLADORA DE CONCRETO	HM	1.00	0.3556	12.50	4.45
						6.34
						Costo Unitario por M3: 618.97

ANEXO 09:

**ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS PARA LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO POROSO
CON ADITIVO SIKA FUME Y CEMENTO PORTLAND TIPO V**

5- DISEÑO M-PT05		RELACIÓN a/c= 0.27				
PARTIDA:	Preparación + transporte de concreto poroso + relación a/c=0.38			Rend:	22.5	M3/DIA
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
	MANO DE OBRA					
	CAPATAZ	HH	0.10	0.0356	25.69	0.91
	OPERARIO	HH	1.00	0.3556	23.35	8.30
	OFICIAL	HH	1.00	0.3556	18.45	6.56
	PEÓN	HH	8.00	2.8444	16.68	47.45
						63.22
	MATERIALES					
	PIEDRA CHANCADA DE 1/2	M3		0.5771	95.00	54.82
	CEMENTO PORTLAND TIPO V (42.5 KG)	KG		251.1191	1.18	295.43
	ADITIVO SIKA FUME	KG		25.1118	10.00	251.12
	AGUA	M3		0.0920	4.80	0.44
	GASOLINA DE 90 OCTANOS	GLN		0.1260	17.50	2.21
						604.02
	EQUIPO					
	HERRAMIENTAS	%MO		3.0000	63.22	1.90
	MEZCLADORA DE CONCRETO	HM	1.00	0.3556	12.50	4.45
						6.34
						Costo Unitario por M3: 673.58

6- DISEÑO M-PT06*		RELACIÓN a/c= 0.27				
PARTIDA:	Preparación + transporte de concreto poroso + relación a/c=0.38			Rend:	22.5	M3/DIA
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
	MANO DE OBRA					
	CAPATAZ	HH	0.10	0.0356	25.69	0.91
	OPERARIO	HH	1.00	0.3556	23.35	8.30
	OFICIAL	HH	1.00	0.3556	18.45	6.56
	PEÓN	HH	8.00	2.8444	16.68	47.45
						63.22
	MATERIALES					
	PIEDRA CHANCADA DE 1/2	M3		0.5771	95.00	54.82
	CEMENTO PORTLAND TIPO V (42.5 KG)	KG		251.1191	1.18	295.43
	ADITIVO SIKA FUME	KG		25.1118	10.00	251.12
	AGUA	M3		0.0920	4.80	0.44
	GASOLINA DE 90 OCTANOS	GLN		0.1260	17.50	2.21
						604.02
	EQUIPO					
	HERRAMIENTAS	%MO		3.0000	63.22	1.90
	MEZCLADORA DE CONCRETO	HM	1.00	0.3556	12.50	4.45
						6.34
						Costo Unitario por M3: 673.58

ANEXO 09:

**ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS PARA LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO POROSO
CON ADITIVO SIKA FUME Y CEMENTO PORTLAND TIPO V**

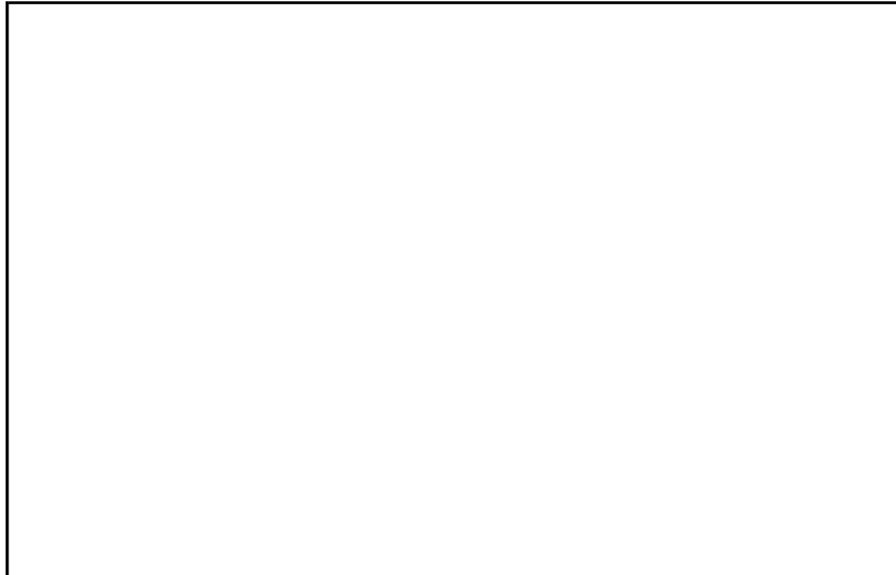
7- DISEÑO M-PT07		RELACIÓN a/c= 0.38				
PARTIDA:	Preparación + transporte de concreto poroso + relación a/c=0.38			Rend:	22.5	M3/DIA
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
	MANO DE OBRA					
	CAPATAZ	HH	0.10	0.0356	25.69	0.91
	OPERARIO	HH	1.00	0.3556	23.35	8.30
	OFICIAL	HH	1.00	0.3556	18.45	6.56
	PEÓN	HH	8.00	2.8444	16.68	47.45
						63.22
	MATERIALES					
	PIEDRA CHANCADA DE 1/2	M3		0.5771	95.00	54.82
	CEMENTO PORTLAND TIPO V (42.5 KG)	KG		348.8751	1.18	410.44
	ADITIVO SIKA FUME	KG		0.0000	10.00	0.00
	AGUA	M3		0.1568	4.80	0.75
	GASOLINA DE 90 OCTANOS	GLN		0.1260	17.50	2.21
						468.22
	EQUIPO					
	HERRAMIENTAS	%MO		3.0000	63.22	1.90
	MEZCLADORA DE CONCRETO	HM	1.00	0.3556	12.50	4.45
						6.34
						Costo Unitario por M3: 537.78

8- DISEÑO M-PT08		RELACIÓN a/c= 0.34				
PARTIDA:	Preparación + transporte de concreto poroso + relación a/c=0.38			Rend:	22.5	M3/DIA
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
	MANO DE OBRA					
	CAPATAZ	HH	0.10	0.0356	25.69	0.91
	OPERARIO	HH	1.00	0.3556	23.35	8.30
	OFICIAL	HH	1.00	0.3556	18.45	6.56
	PEÓN	HH	8.00	2.8444	16.68	47.45
						63.22
	MATERIALES					
	PIEDRA CHANCADA DE 1/2	M3		0.5771	95.00	54.82
	CEMENTO PORTLAND TIPO V (42.5 KG)	KG		357.7865	1.18	420.93
	ADITIVO SIKA FUME	KG		17.8889	10.00	178.89
	AGUA	M3		0.1459	4.80	0.70
	GASOLINA DE 90 OCTANOS	GLN		0.1260	17.50	2.21
						657.54
	EQUIPO					
	HERRAMIENTAS	%MO		3.0000	63.22	1.90
	MEZCLADORA DE CONCRETO	HM	1.00	0.3556	12.50	4.45
						6.34
						Costo Unitario por M3: 727.10

ANEXO 09:

**ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS PARA LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO POROSO
CON ADITIVO SIKA FUME Y CEMENTO PORTLAND TIPO V**

11-	DISEÑO M-PT11	RELACIÓN a/c= 0.27				
PARTIDA:	Preparación + transporte de concreto poroso + relación a/c=0.38			Rend:	22.5	M3/DIA
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
	MANO DE OBRA					
	CAPATAZ	HH	0.10	0.0356	25.69	0.91
	OPERARIO	HH	1.00	0.3556	23.35	8.30
	OFICIAL	HH	1.00	0.3556	18.45	6.56
	PEÓN	HH	8.00	2.8444	16.68	47.45
						63.22
	MATERIALES					
	PIEDRA CHANCADA DE 1/2	M3		0.5771	95.00	54.82
	CEMENTO PORTLAND TIPO V (42.5 KG)	KG		384.6780	1.18	452.56
	ADITIVO SIKA FUME	KG		38.4678	10.00	384.68
	AGUA	M3		0.1281	4.80	0.61
	GASOLINA DE 90 OCTANOS	GLN		0.1260	17.50	2.21
						894.88
	EQUIPO					
	HERRAMIENTAS	%MO		3.0000	63.22	1.90
	MEZCLADORA DE CONCRETO	HM	1.00	0.3556	12.50	4.45
						6.34
					Costo Unitario por M3:	964.45



ANEXO 10:



FICHA TÉCNICA CEMENTO ANDINO TIPO V

DESCRIPCIÓN:

Tipo V, Cemento Portland de alta resistencia a los sulfatos.

BENEFICIOS:

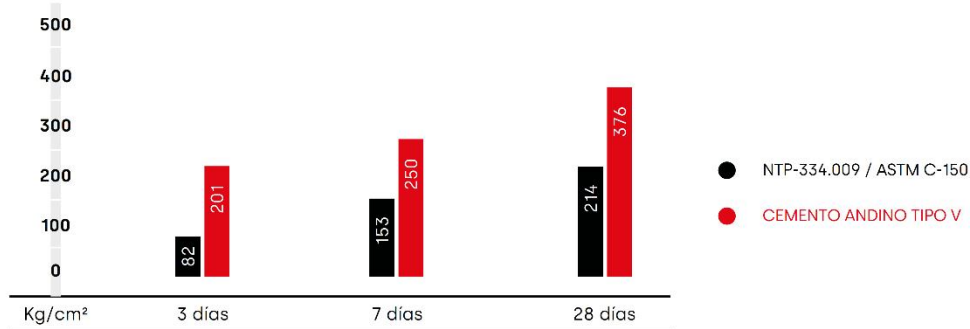
- > Alta resistencia al salitre.
- > Alta resistencia a mediano y largo plazo.
- > Excelente trabajabilidad y acabado.
- > Bajo contenido de álcalis.
- > Buena resistencia a agregados álcali reactivos.
- > Moderado a bajo calor de hidratación.
- > Alta durabilidad de las estructuras.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- > Cumple con la Norma Técnica Peruana NTP - 334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150.

REQUISITOS MECÁNICOS:

COMPARACIÓN RESISTENCIAS NTP-334.009 / ASTM C-150 VS. CEMENTO ANDINO TIPO V.



APLICACIONES:

- > Todo tipo de estructuras, canales, alcantarillado en contacto con suelos ácidos y/o aguas subterráneas.
- > Obras portuarias expuestas a la acción de aguas marinas, sobre suelos salinos y húmedos, acueductos y tubos de alcantarillados, canales y edificios que deberán soportar ataques químicos.

FORMATO DE DISTRIBUCIÓN:

- > Bolsas de 42.5 kg: 03 pliegos (02 de papel + 01 film plástico).
- > Granel: A despacharse en camiones bombonas y *big bags*.

ANEXO 10:

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

PARÁMETRO	UNIDAD	CEMENTO ANDINO TIPO V	REQUISITOS NTP-334.009/ ASTM C-150
Contenido de aire	%	4	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.02	Máximo 0.80
Superficie específica	m ² /kg	380	Mínimo 260
Densidad	g/cm ³	3.19	No específica
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm ²	201	Mínimo 82
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm ²	250	Mínimo 153
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm ²	376	Mínimo 214
TIEMPO DE FRAGUADO			
Fraguado Vicat inicial	min	135	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	298	Máximo 375
COMPOSICIÓN QUÍMICA			
MgO	%	1.8	Máximo 6.0
SO ₃	%	1.7	Máximo 2.3
Pérdida al fuego	%	2.1	Máximo 3.0
Residuo insoluble	%	0.5	Máximo 1.5
FASES MINERALÓGICAS			
C3S	%	56	No específica
C2S	%	16	No específica
C3A	%	1	Máximo 5
C4AF	%	14	No específica
ÁLICALIS EQUIVALENTES			
Contenido de álcalis equivalentes	%	0.40	Máximo 0.60
RESISTENCIA A LOS SULFATOS			
Resistencia al ataque de sulfatos	%	0.019	0.040 % Máx. a 14 días

RECOMENDACIONES GENERALES

DOSIFICACIÓN:

- > Utilizar agua, arena y piedra libre de impurezas.
- > Respetar la relación agua-cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- > Para desarrollar la resistencia a la compresión del concreto y evitar grietas, se necesita curar por lo menos durante 7 días.

MANIPULACIÓN:

- > Se debe manipular el cemento en ambientes ventilados.
- > Usar la vestimenta y epp adecuados: casco, protectores para los ojos, guantes y botas.
- > El contacto con la humedad o con el polvo de cemento sin protección puede causar irritación o daño en la piel.

ALMACENAMIENTO:

- > Las bolsas con cemento deben ser almacenadas en recipientes secos, protegidos de la intemperie, lluvia y humedad.
- > Las bolsas deben ser colocadas sobre parihuelas de madera seca, en áreas niveladas y estables. Posteriormente cubrir las con mantas de plástico.
- > Apilar como máximo 10 bolsas de cemento y evitar tiempos prolongados de almacenamiento.



HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

SikaFume®

Adición mineral - Microsílice

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

SikaFume® es un aditivo para concreto en forma de polvo, basado en tecnología de humo de sílice.

USOS

SikaFume® se utiliza en concreto proyectado, estructural, prefabricado y otros campos de construcción de concreto en los que se requieren altas exigencias a la calidad en estado fresco y endurecido.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

SikaFume® contiene dióxido de silicio reactivo extremadamente fino. La presencia de esta sustancia imparte una gran cohesión interna y retención de agua en el concreto fresco. La capacidad de bombeo se mejora sustancialmente así como el comportamiento reológico. En el concreto endurecido, el humo de sílice forma un enlace químico con la cal libre (CaOH₂). La formación adicional de productos de hidratación da como resultado una matriz cementicia final significativamente más densa.

Con el uso de SikaFume®, el concreto mostrará las siguientes propiedades:

- Alta estabilidad del hormigón fresco.
- Mayor durabilidad.
- Excelente resistencia a la congelación y la sal de deshielo.
- Mayores resistencias finales.
- Mayor resistencia a la abrasión.
- Mayor estanqueidad en el concreto endurecido.
- Reducción a la penetración de cloruros.

SikaFume® no contiene cloruros ni otras sustancias que promueven la corrosión del acero y, por lo tanto, se puede usar sin ninguna restricción para la construcción de concreto reforzado y pretensado.

CERTIFICADOS / NORMAS

SikaFume® cumple los requisitos de las normas EN 13263-1 y ASTM C1240.

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Empaques	Bolsa de 25 kg Bolsa de 20 kg
Vida Útil	36 meses de vida útil a partir de la fecha de producción, si se almacena correctamente en el empaque original sellado, sin daños y sin abrir.
Condiciones de Almacenamiento	Almacenamiento en un ambiente seco.
Apariencia / Color	polvo gris o crema
Specific gravity	Peso específico: 2,200 kg/m ³

INFORMACIÓN TÉCNICA

Guía de Vaciado de Concreto Se deben seguir las reglas estándar de buenas prácticas relativas a la pro-

ANEXO 11:	ducción y la colocación de concreto. Las pruebas de laboratorio deben llevarse a cabo en el sitio para realizar los ajustes que sean necesarios, consulte con el soporte técnico de Sika en tanto sea necesario.
Diseño de la Mezcla de Concreto	Cuando se usa SikaFume®, se debe tener en cuenta un diseño de mezcla adecuado y se deben probar y acondicionar su desempeño con los materiales locales.
Condiciones de Curado	Sugerimos, como en todos los concretos, seguir las instrucciones dadas en el ACI 308 para un correcto curado del concreto.
Compatibilidad	Compatible con todos los productos Sika.

INFORMACIÓN DE APLICACIÓN

Dosificación Recomendada	5 - 10% en peso de cemento.
---------------------------------	-----------------------------

NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad

INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

MEZCLADO

Se dosifica y adiciona en la planta de concreto en forma similar al cemento u otros materiales cementicios. Puede dosificarse en una mezcladora central o mixer. Seguir el procedimiento indicado en la norma ASTM C94 o NTP 339.114, Especificación estándar para concreto premezclado.

RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto

NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe. La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.

Sika Perú
Habilitación Industrial
El Lúcumo Mz. "B" Lote 6
Lurín, Lima
Tel. (511) 618-6060

Hoja De Datos Del Producto
SikaFume®
Marzo 2022, Versión 01.03
02140303100000019



PANEL FOTOGRÁFICO



Visita a la cantera del Ministerio de transportes y comunicaciones – Tayacaja - Pampas



Visita la cantera del Distrito de Daniel Hernández - Pampas

ANEXO 12:



Cantera “Bendezú Urbano” Pampas – Tayacaja” – Av. Evitamiento s/n



Cantera “Bendezú Urbano” Pampas – Tayacaja” – Av. Evitamiento s/n

ANEXO 12:



Cuarteo de material para los ensayos de propiedades físicas



Pesado del agregado grueso para los ensayos de propiedades físicas

ANEXO 12:



Secado del material para ensayo de contenido de humedad.



Tamizado del agregado grueso para ensayo granulométrico.

ANEXO 12:



Pesado del agregado grueso, insertado de carga abrasiva “Ensayo los ángeles”.



Verificación de material y carga abrasiva en la máquina los Ángeles”, Ensayo de Abrasión.

ANEXO 12:



Almacenamiento del Cemento portland Tipo V y de Sika Fume.



Preparado de la Mezcla – Concreto poroso en el laboratorio de la UNAT.

ANEXO 12:



Sika Fume y Cemento Portland V – Concreto poroso en el laboratorio de la UNAT.



Vaciado a la batera de recepción del concreto Poroso.

ANEXO 12:



Ensayo de asentamiento “Slump” de los diferentes diseños.



Compactado de muestra con el martillo Marshall estándar.

ANEXO 12:



Pesado del molde: sin material y con material; para determinar peso unitario.



Pruebas de descarte de diseños: buscando la idónea relación a/c.

ANEXO 12:



Preparado de los diseños con verificación de la relación a/c.



Recubrimiento con plástico fil, para evitar pérdida de agua por evaporación

ANEXO 12:



Recubrimiento con plástico fil, para evitar pérdida de agua por evaporación



Curado de los diferentes diseños de mezcla.

ANEXO 12:



Curado de los diferentes diseños de mezcla y medición de la temperatura.



Preparación de las muestras para su respectivo pesado.

ANEXO 12:



Pesado y toma de medidas de los ejemplares de probetas para su ensayo de compresión.



Colocado de anillos superior e inferior, y montaje en la maquina para su ensayo de compresión.

ANEXO 12:



Ensayo de “Resistencia a la Compresión.



Verificación de resultados del “Ensayo de Resistencia a la compresión.

ANEXO 12:



Secado de muestras en Horno a 110 C° durante 24 horas.



Pesado de muestra en Aire y en agua para su respectivo ensayo de P.U. y cantidad de vacíos.

ANEXO 12:



Pesado de muestra en Aire y en agua para su respectivo ensayo de P.U. y cantidad de vacíos.



Preparación del permeámetro para el ensayo de Índice de infiltración.

ANEXO 12:



Forrado de muestras para evitar fuga durante el ensayo, mediciones de las muestras.



Forrado de muestras para evitar fuga durante el ensayo, mediciones de las muestras.

ANEXO 12:



Ensayo de índice de infiltración (Permeabilidad).



Muestra de diseños finales para su respectiva evaluación.

ANEXO 12:



Limpieza de Equipo de Mezcla "Funcionamiento Eléctrico".



Limpieza de Herramientas usadas durante la mezcla de los diferentes diseños.

ANEXO 12:



Eliminación de muestras ensayadas en el laboratorio.