



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Relación entre la Estructura de vacíos y las Propiedades de un
Concreto Permeable para su uso en Pavimentos – 2021

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTOR:

Obregón Cueva, Javier David (ORCID: 0000-0001-7891-6105)

ASESOR:

Mg. Marín Cubas, Percy Lethelier (ORCID: 0000-0001-5232-2499)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño sísmico y estructural

HUARAZ-PERÚ

2021

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación les dedico principalmente a Dios y San Miguel Arcángel, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida, por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado valorarlo cada día más.

A mi madre por ser la persona que me ha acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de mi vida.

A mi padre quien con sus consejos ha sabido guiarme para culminar mi carrera profesional.

A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.

Ustedes son mi principal motivación.

Javier David Obregón Cueva

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes.

A mis padres, hermanos y familiares y amigos por siempre darme su apoyo incondicional para seguir adelante y crecer como profesional con ética moral.

A la Universidad San Pedro por haberme permitido formarme en ella.

A mi pareja por el apoyo moral e incondicional incluso en los momentos más turbulentos estuviste motivándome y ayudándome hasta donde tus alcances lo permitían. Te lo agradezco muchísimo.

A mi Asesor, Ing. Percy Marín Cubas, por el apoyo constante para la formulación de la tesis, planificación y desarrollo del proyecto.

A mis jurados por el interés, motivación, necesarios para la realización de este proyecto.

A todo ustedes, un especial agradecimiento por este privilegio.

Javier David Obregón Cueva

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice de Contenidos.....	iv
Índice de Tablas.....	v
Índice de Gráficos.....	vi
Resumen.....	vii
Abstrac.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	11
3.2 Variables y Operacionalización.....	11
3.3 Población, muestra, muestreo y unidad de análisis.....	12
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	14
3.5 Procedimientos.....	16
3.6 Método de análisis de datos.....	21
3.7 Aspectos Éticos.....	22
IV. RESULTADOS.....	23
V. DISCUSION.....	45
VI. CONCLUSIONES.....	48
VII. RECOMENDACIONES.....	50
REFERENCIAS.....	51
ANEXOS.....	56

Índice de tablas

Tabla No 1. Distribución de mis Muestras a Estudiar.....	13
Tabla No 2. Distribución de la Muestra a Estudiar – Permeabilidad.....	14
Tabla No 3: Análisis granulométrico para agregado fino	24
Tabla No 4: Análisis granulométrico para la grava de 3/8.....	25
Tabla No 5: Contenido de Humedad del Agregado Fino y Grueso.....	26
Tabla No 6: Peso específico y absorción de agregado fino y Grueso.....	27
Tabla No 7: Porcentaje de Absorción de los agregado fino y Grueso.....	27
Tabla No 8: Pesos Unitarios de los Agregados Finos y Gruesos.....	28
Tabla No 9: Proporciones para la mezcla con una estructura de vacío del 15 %, combinación de agregados	29
Tabla No 10: Proporciones para la mezcla con una estructura de vacío del 20 %, combinación de agregados	29
Tabla No 11: Proporciones para la mezcla con una estructura de vacíos del 25 %, combinación de agregad.....	29
Tabla No 12: Datos tomados para la resistencia a la compresión para siete días del concreto con 15 % estructura de vacíos	30
Tabla No 13: Datos tomados para la resistencia a la compresión para siete días del concreto con 20 % estructura de vacíos	30
Tabla N° 14: Datos tomados para la resistencia a la compresión para siete días del concreto con 25 % estructura de vacíos	31
Tabla N° 15: Datos tomados para la resistencia a la compresión para catorce días del concreto con 15 % estructura de vacíos	31
Tabla N° 16: Datos tomados para la resistencia a la compresión para catorce días del concreto con 20 % estructura de vacíos	31
Tabla N° 17: Datos tomados para la resistencia a la compresión para catorce días del concreto con 25 % estructura de vacíos	31
Tabla N° 18: Datos tomados para la resistencia a la compresión para veintiocho días del concreto con 15 % estructura de vacíos	32
Tabla N° 19: Datos tomados para la resistencia a la compresión para veintiocho días del concreto con 20 % estructura de vacíos	32
Tabla N° 20: Datos tomados para la resistencia a la compresión para veintiocho días del concreto con 25 % estructura de vacíos	32
Tabla N° 21: Ensayo de infiltración con el equipo del Permeámetro de una carga variable a los 28 Días del Concreto con 15%, 20%, 25 % de la estructura de vacíos	33

Índice de gráficos y figura

Figura 1: Pasos que se realizaron para la elaboración del Concreto Poroso....	16
Figura 2: Permeámetro.....	17
Figura 3: Pegando la reducción 4" a 2".....	18
Figura 4: Pegando el tubo de 2".....	18
Figura 5: tubos de 2" y 4".....	18
Figura 6: Reducción de 4" a 2".....	18
Figura 7: Codo de 4".....	18
Figura 8: Cantera Tacllan.....	23
Figura 9: Curva granulométrica para agregado fino Natural.....	25
Figura 10: Curva granulométrica para la grava de 3/8.....	26
Gráfica N° 1: Resistencia a la compresión vs los Porcentajes de Vacíos a los 7 días de Probetas ensayadas	34
Gráfica N° 2: Resistencias a la compresión vs los Porcentajes de Vacíos a los 7 días Promedio	35
Gráfica N° 3: Resistencias a la compresión vs los Porcentajes de Vacíos a los 14 días de Probetas ensayadas	36
Gráfica N° 4: Resistencias a la compresión vs los Porcentajes de Vacíos a los 14 días Promedio	37
Gráfica N° 5: Resistencias a la compresión vs los Porcentajes de Vacíos a los 28 días de Probetas ensayadas	38
Gráfica N° 6: Resistencias a la compresión vs los Porcentaje de Vacíos a los 28 días Promedio.....	39
Gráfica N° 7: Relaciones entre los grado de infiltración vs los contenidos de vacíos.....	40
Gráfica N° 8: Porcentaje $f'c/f'cd$ vs Días de rotura a los 7, 14, 28 días del 15 % Promedio	41
Gráfica N° 9: Porcentaje $f'c/f'cd$ vs Días de rotura a los 7, 14, 28 días del 20 % Promedio.....	41
Gráfica N° 10: Porcentaje $f'c/f'cd$ vs Días de rotura a los 7, 14, 28 días del 25 % Promedio.....	42
Gráfica N° 11: Porcentaje $f'c/f'cd$ vs Días de rotura a los 7, 14, 28 días del 15%, 20% y 25 % Promedio.....	43
Gráfica N° 12: Filtración mm/s vs Contenido de vacío a los 28 días del 15%, 20% y 25 % Promedio.....	44

Resumen

En el presente Informe de investigación tiene como objetivo general Elaborar una propuesta de diseño para un Pavimento Rígido de Concreto Poroso y su relación entre la estructura de vacíos para su uso en pavimentos, sobre la resistencia a compresión del concreto de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, en donde se utilizaron porcentaje de vacíos en el concreto poroso de 15%, 20% y 25 % para verificar la resistencia, se realizó especímenes de concreto para ser ensayadas a compresión. La metodología a aplicar en la investigación es: Observación: Se va a observar y realizar un diseño de mezcla de Concreto Poroso y ajustarlo para verificar las características mecánicas e hidráulicas que posee, para su posterior utilización en la capa de rodadura del pavimento en el tramo de prueba a construir Análisis: Se han analizado los fundamentos teóricos de la construcción de un concreto poroso y la medición de la resistencia a la compresión realizada en el laboratorio de Geostruct, Síntesis: Establecer parámetros para la elaboración y colocación del concreto y evaluar dichas operaciones. La metodología de construcción del concreto y las dosificaciones se harán siguiendo la metodología ACI. El desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto permeable de 15% de estructura de vacío obtenida es de 86.07% a los 7 días y de 92.86% a los 14 días y de 108.57% a los 28 días y de 20% de estructura de vacío obtenida es de 81.07% a los 7 días y de 88.57% a los 14 días y de 101.43% a los 28 días Por consiguiente, se concluye que existe una diferencia mínima respecto a la de un concreto normal y El desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto permeable de 25% de estructura de vacío obtenida es de 73.21% a los 7 días y de 85.36% a los 14 días y de 97.86% a los 28 días Por consiguiente, se concluye que existe una diferencia un poco mayor respecto a la de un concreto normal.

Palabras clave: Concreto Poroso, Resistencia a la Compresión, Permeabilidad, Aditivo.

Abstract.

The general objective of this research report is to prepare a design proposal for a Rigid Porous Concrete Pavement and its relationship between the void structure for use in pavements, on the compressive strength of concrete of $f'c = 280 \text{ kg / cm}^2$, where voids percentage in porous concrete of 15%, 20% and 25% were used to verify the resistance, concrete specimens were made to be tested for compression. The methodology to be applied in the research is: Observation: A Porous Concrete mixture design will be observed and made and adjusted to verify the mechanical and hydraulic characteristics it has, for its later use in the pavement rolling layer in the section of test to build Analysis: The theoretical foundations of the construction of a porous concrete and the measurement of the resistance to compression carried out in the Geostruct laboratory have been analyzed, Synthesis: Establish parameters for the preparation and placement of concrete and evaluate these operations . The concrete construction methodology and the dosages will be made following the ACI methodology. The development of the compressive strength of the permeable concrete of 15% of the vacuum structure obtained is 86.07% at 7 days and 92.86% at 14 days and 108.57% at 28 days and 20% of the structure of The vacuum obtained is 81.07% at 7 days and 88.57% at 14 days and 101.43% at 28 days. Therefore, it is concluded that there is a minimal difference with respect to that of normal concrete and the development of resistance to the compression of the permeable concrete of 25% of the void structure obtained is 73.21% at 7 days and 85.36% at 14 days and 97.86% at 28 days. Therefore, it is concluded that there is a slightly greater difference with respect to to that of a normal concrete.

Keywords: Porous Concrete, Compressive Strength, Permeability, Additive.

I. INTRODUCCIÓN

La investigación que se realizó, está ubicada en la provincia de Huari, correspondiente a la Región Ancash: Chavín de Huantar, posee un área 434,13 m². Con una ubicación en las siguientes coordenadas 77 Grados 16 Minutos 11 Segundos de la longitud oeste y 08 Grados 58 Minutos 15 Segundos de la latitud sur en el Callejón de Conchucos, con una ubicación exacta centro-oriental del departamento de Ancash a nivel del nevado Huantsan correspondiente a cordillera blanca, la misma que posee una altitud de 2900 m.s.n.m. en su parte más baja. La investigación del concreto brindará un amplio conocimiento acerca de su desempeño, brindando alternativas de mejora para bajar la escorrentía a nivel vial urbano en los pavimentos, dado al clima lluvioso en la sierra norte de nuestro país. A nivel extranjero ha habido casos de éxito de vías locales, que han servido de solución para este tipo de casos. Con este estudio se busca que los concretos permeables sean aplicados del ámbito de las construcciones en nuestro país, asimismo proponer guías actualizadas acorde a las normativas “ACI” y “ASTM” (Guisado y Curí, 2017). Este trabajo pretende hallar si es que la capa de rodamiento de los pavimentos porosos está en la capacidad de cumplir con los requerimientos de resistencia y poder tener el status de vía local y pavimento especial en ejercicio a la CE.010. “Pavimentos Urbanos”, una escala anterior a las normativas relacionadas con el drenaje. Caso contrario, se mantendrán los inconvenientes de adecuación del líquido generados por la falta de la infraestructura idónea o por la mala elaboración de estas infraestructuras ya que no se tuvo en cuenta a las precipitaciones fluviales de la región. (Guisado y Curí, 2017). Ante la problemática de la provisión de agua sobre el espacio del asfalto en tiempos agitados de precipitación, generando hidropneumático, y el factible colapso del drenaje por el ensanche del caudal ante la torrencera y que como opción no se plantea la supresión sistemática del agua, sino, más correctamente el estropear que se acumule en la ambiente del piso, llevándola al respectivo sistema de alcantarillado a través de la placa de adoquinado congelado permeable Siendo increíble la explotación de esta estructura en nuestro país, surge una conveniencia de Comenzar el incremento de estos (vigil, 2012). Para lo cual se planteó el subsiguiente problema: ¿cómo influye la estructura de vacíos permeables en 15%,

20%, 25%, en la tolerancia a la Compresión para un concreto $F'c = 280\text{kg}/\text{cm}^2$?, como Fundamentación Científica. - La presente indagación se fundamenta en la tesis de la tecnología de los concretos y sus aplicaciones, en los fundamentos centrales de la resistencia de los materiales, la valoración, así como en los estudios científicos recientes de los concretos permeables y sus inflexibilidades, y como Justificación de la actual Investigación.- va a necesitar a las empresas constructoras como antecedente teórica, para el perfeccionamiento de la infraestructura vial y en consecuencia para su uso en pavimentos, las alternativas en materiales y actividades deben ser miradas como competentes para evacuar el gran inconveniente que tenemos para esbozar y edificar arquitecturas que estén a la par de las novedades y guardia ambiental como lo es el concreto poroso. En nuestro departamento, Región la tecnología del concreto permeable igualmente no se viene implementando como alternativa a los inconvenientes acarreados por la retirada de aguas fluviales y el hábito generalizado de piso convencional (impermeable), También en Esta monografía busca evaluar si la placa de rodadura de nuestro piso puede ser competente de hacer los menesteres de desgana para ser considerado como carretera principal y suelo peculiar en recompensa a nuestras legislaturas actuales como la Ce. 010 asfaltos Urbanos, a más de acatar los menesteres de drenaje. De lo contrario, seguirán existiendo reparos en la conspiración de elixires pluviales. Por consecuente, los pisos porosos podrán durar a ser parte de la posibilidad a los quebraderos de cabeza de inundaciones en los suelos, debido a que el 70 por ciento de las fajas urbanizadas están constituidas por estructuras, interiormente de la emoliente de la prospección tenemos a los subsiguientes: Justificación de viabilidad.- mi exploración es realizable puesto que se nota con materiales y repertorios imperiosos para la efectuación de evidencias y estudios, ya que fueron satisfechos en el Laboratorio de Materiales de Geostruc, Justificación económica.- El despacho de los concretos porosos como parte principal para institución es de gran resonancia en cualquier territorio, puesto que contribuye en el plano urbanístico, como las rastras, aceras, parqueos, aportando así de rutina inminente un desarrollo ventajoso y económico para el mismo. Pueden ser una opción para las construcciones de los Parqueadores, de un costo harto bajo y expugnable para la aldea del distrito de chavín de Huantar, ya que la localidad necesita fundaciones

que sean económicas, resistente y durables, Justificación ambiental.- el cascajo poroso ayudara en la conservación de nuestro mundo las cuales se filtraran al sub firme, siendo así que casi al 90 % de las migajas orgánicas se escurrirá al sub piso, todavía es esencial ocasionar una ecuanimidad ecológica, andar construyendo trayecto a día una educación en los especímenes indulgentes a usar tangibles opcionales y así evitar destruir nuestros ecosistemas y por ultimo a la Justificación técnica.- Porque La presente memoria es importante debido a que a través de mis resultados se podrán digerir del concreto porosos como la paciencia a la compresión. Dentro del plano del antagonismo de esta tentativa se formuló la hipótesis general: Es factible fabricar mezclas de concreto poroso $f'c$ 280 kg/cm² que puedan secar la escorrentía superficial en avenidas y parqueos de suelos especiales alce situaciones de celeridades extremas. Frente a ello aún planteamos las subsiguientes hipótesis específicas: Hipótesis 1, El programa de aleación más óptimo del concreto permeable según el volumen de agregado grueso, es aquel que utiliza agregado grueso de menor grosor; Hipótesis 2, El proyecto de mezcla óptimo del concreto permeable según la forma de agregado grueso, es aquel que utiliza agregado grueso Piedra chancada. De igual usanza para enumerar los señales a investigar se plantea el subsiguiente objetivo general: Elaborar una oferta de bosquejo para un Pavimento Rígido de Concreto Poroso y su relación entre la estructura de vacíos para su uso en pavimentos, sobre la resistora a compresión del concreto de $f'c=$ 280 kg/cm², en adonde se utilizaron peso de vacíos en el concreto poroso de 15%, 20% y 25 %, Es así que incluso planteamos los Objetivos Específicos, los que a leontina se indican 1) Recolección de los añadidos de la arsenal "Taclan"; 2) Realizar entrenamientos para la delimitación de las heredades y características físicas de los apéndices; 3) Elaborar el boceto de mezcla para un concreto de 280 kg/cm², para luego sopesar los materiales por m² a través del razonamiento Comité 211 del "ACI" y factura de tipos cilíndricos de 15x 30 cm; 4) Evaluar la resistora por Compresión del concreto permeable en exposiciones de canones cilíndricos a los 7 días, 14 días y 28 días. Para los pesos de ejecuciones de vacíos de 15%, 20%, 25%).

II. MARCO TEÓRICO

A ras Internacional Fernández y Navas. (2008), En su tesis de grado titulado “características físicas y automáticas del concreto permeable”. Nos manifiesta que los primitivos sistemas se dieron en Europa en el siglo Xix. Asimismo, las cuales crecieron especialmente al finalizar la segunda guerra mundial, puesto que se tuvo la obligación para la reconstrucción de los países devastados dado que ejecutar un concreto convencional generaba mucho costo y existía la dificultad de materiales, por lo tanto se tuvo que implementar e innovar los concretos poros pues era un concreto realizable de efectuar a un valor asaz bajo desde su transporte aun su ubicación para lo cual se asumió como objetivo principal la belicosidad de la atribución que tienen sobre la resistora a la compresión uniaxial y la permeabilidad del concreto permeable los subsiguientes multiplicadores: ligadura agua/cemento, tipo de agregado grueso (ciudadanía y bulto máximo), contenido de vacíos de la combinación, cuenta agregado grueso/cemento y travesaño indivisible de la liga, así como los resultados de permeabilidad obtenidos se compendio en el óleo. Para lo cual se realizaron las encarnaciones entre el modelo de contribución variable y de obligación tenaz se hizo con las mezclas M3 a la M9. Promediando, la porosidad conseguida, utilizando el uso de tasa variable es 1,5 oportunidades la obtenida utilizando el sistema de atadura permanente y la alteración entre pautas disminuye al usufructuar este último, Ver Anexos (Figura a), por lo tanto se tuvo como resultante la desgana a la compresión uniaxial y permeabilidad de las mezcolanzas de concreto de acuerdo con la nacionalidad del agregado grueso. En el percance de la resistora a la compresión uniaxial, el agregado de río presenta títulos máximos que el agregado de pedregal. La cual Este talante era aguardado por el investigador puesto que el agregado de río tenia pequeño contenido de vacíos y mayor brazada de extensión del tornillo de la raíz, el cual generaba máximo vínculo y mejores tolerancias a la compresión uniaxial Ver Anexos (Figura b). En terminación, los resultados obtenidos en este despacho indican que el concreto permeable es un terrenal cuya estabilidad y permeabilidad dependían de la protección de ciertas variables. Por ende, las variables que afectan de manera positiva la paciencia del

terrenal, lo hacen de guisa repulsa con la permeabilidad. Para el empleo de heredades utilizado en este examen, la permeabilidad no presentó una merma que impida el servicio del temporal como parte de procedimientos de comercio de la torrentera superficial en constancias de tránsito liviano. Castro, Solminihac. (2009), Presentan la investigación: "Estudio de dosificaciones en laboratorio para suelos porosos de hormigón", realizada en la Pontificia Universidad Católica de Chile Los científicos durante este análisis mostraron la dialéctica de una ecuación que permite escatimar morteros porosos en clasificación de la cordura agua-cemento y del peso de vacíos interconectados que se requieren en el cascajo deshumanizado. La cual utilizó la ecuación de los artífices analizándolos el acto de 18 mezquillas de mortero poroso, conteniendo el agua-cemento entre 0,29 y 0,41. En razón a eso, sus probetas fueron manufacturadas en el laboratorio y compactadas con cilindro pesado simulando el litigio constructivo en terrón. Los resultados permitieron caracterizar de buena manera el talante estructural e hidráulico de estas combinaciones. Para ello se Relacionó entre la cantidad porcentual de vacíos en el cascajo endurecido y la carga de infiltración, la resistencia a flexo tracción y la densidad en estado frío fueron presentadas. Ver Anexos (Figura c). Subramanian (2009), En su tesis de grado denominado: "características físicas y automotrices del concreto permeable" El concreto poroso tiene 15-25% de organización vacío de cada metro cuadrado, con una contribución de derramamiento típica de 3.4 mm (200l/m²/min) a más. Para lo cual la tarifa de flujo fue decana que el gestado durante un entusiasmo de tormenta, lo que permite al líquido llorar a través de este. Por ende se concluye, que para el servicio del asfalto de concreto permeable, el líquido fluirá y se filtra al sub pavimento, recargando el yacimiento freático natural en sucesión de producir excoiación. Ya que para el primer torrente de una galerna (los delanteros 25 mm a 35 mm de caldo de tromba) se lleva el 90 por ciento de contaminantes opuestos en el piso, las cuales contaminan los ríos, para lo cual se realizará un tratamiento previo. Vélez. (2010), presenta su tesis de grado titulado "metodología de diseño para concretos permeables y sus respectivas correlaciones de permeabilidad" En Ecuador, fueron hechos estudios de destilación en el concreto y entre sus tactos más

relevantes están que la permeabilidad es particularmente producida por la porosidad de la pasta de concreto. Sin embargo, se narra que la porosidad es constante pues se filtrara a través de su raíz para lo cual quiere sostener, que para los mismos niveles de porosidad, el concreto poroso puede abrigar múltiples valores de permeabilidad si sus poros se interconectan en fase incesante o no. Esta prospección busco afirmar un uso de esbozo para el concreto con grava feraz, Para ganar antecedentes de retención y permeabilidad, seguir relaciones entre estos apuntes y guiar lo entrado en el laboratorio al ámbito. Basado en el tiempo ofrecido para lo cual se llevará a promontorio esta indagación, el cual analizo y decidió efectuar los esquemas de ensaladas, y en esto mudar las memorias A/c, fuerza de reunión de los pesos de vacíos, pues son los elementos más importantes que afectan la combinación del concreto con grava rebosante y poco o nada de arenilla mujerona. Ver Anexos (Figura d). Calderón. (2013), en su trabajo de grado titulado “diseño, cambio constructivo y estimación post obra de un piso austero de concreto permeable” El concreto poroso aplicado como firme permeable a mercado singular atención en los últimos periodos gracias al calentamiento universal que nos aqueja muchísimo, la cual presentan sequias en los países del orbe puesto que a través del concreto poroso se evaluará la eficacia de una forma sostenible para la cual será agente el agua al subsuelo. El objetivo es producir una propuesta de diseño para una faceta de rodadura del adoquinado Rígido de Concreto, que permita determinar la construcción en general; desde la preparación del concreto, transporte, sede y cuidado de naturaleza del mismo. Suriya y Mudgal. (2012), en su tesis de grado denominado “diseño e insistencia de concreto poroso para pavimentos” para lo cual se midió que 90 por ciento de las tormentas se forman en escurrido superficial en secciones urbanas impermeables, pues para los marcos naturales del concreto su alcance desciende inclusive 25 por ciento. Con esta certificación y la explicación previa, se concluye y se justifica el planteamiento fundamental del presente trajín: la cual será establecer entre ambos concretos teniendo como refluído la diferencia entre el concreto convencional y el concreto poroso la cual contribuirá en la disponibilidad del líquido que es la interacción entre ambas áreas de conocimiento. Ver Anexos

(Figura e, f y g). A Nivel Nacional Calderón. (2013) presenta su exposición de valor licenciado “características físicas y automotrices del concreto permeable usando anexos de la mina río Jequetepeque y el aditivo chemaplast”. La cual nos dice que en el Perú se realizó un semanario noticiario de la Asociación de Productores de Cemento Asocem referido al quehacer de tentativa de los colegiales Calderón Colea, Ym; Charca Chura, J.a de la escuela de San Agustín de Arequipa. La cual se abordó y se comparó por medio de los rensayos que satisfechos para aclarar las haciendas físicas de los anejos el cual se hizo el opúsculo de la granulometría de los unidos, peso de vacíos y la permeabilidad. Para producir un proyecto de mezcla siguiendo la norma del Aci- 211r, para lo cual eligieron tres bocetos de mezcolanzas con tres flamantes espacios de vacíos para lo cual mantuvieron la nota entre el refresco y concreto, amén utilizaron tres flamantes moldes de gravillas achatado, angular y reciclado. Teniendo como quedado del agregado angular una máximo mancha con respecto mismo peso de vacíos, sin embargo necesitaba más masa para una viejo reticencia. Ver Anexos (Figura h, i y j). Aire. (2013), En su tesis de grado titulado “evaluación del concreto poroso como una alternativa para el control de las aguas pluviales en vías locales y pavimentos especiales”. En Perú este argumento es relativamente nuevo, se han procedido escasos aprendizajes y entrenamientos. No obstante, hace poco se ha disfrutado en la planta de tratamiento de agua en Huachipa en el revestimiento de las tuberías las cuales fueron construidas en el año 2011. Para el año 2013, la universidad San Agustín de Arequipa en conjunto con la Universidad nacional de México. El objetivo general del esquema era contribuir y poseer como alternativa para el cuidado de las aguas pluviales en calles regionales y adoquinados especiales de la playa norte del Perú. Universidad Nacional de México (Unam), realizo una pesquisa el cual tuvo como objetivo general la colmatación del plan y contribuir con los diplomas del concreto permeable la cual tuvo como elección el examen fluvial en adoquinados especiales de la playa ideal del Perú. Ver Anexos (Figura k y l). A Nivel Local, No se encontró despachos iguales o similares en disertación al apartamiento del concreto poroso y su aplicación en la locución de suelos. Definición de concreto. -

según la norma del Aci- 522 (2006), Manifiesta que los concretos porosos están mezclados por concreto Portland, agregado grueso pedrea chancada, poco o nada de agregado grava gruesa, aditivos y agua. Estos componentes permiten conseguir un temporal mordaz con poros interconectados de brechas entre 2 y 8 mm que permiten que el caldo infiltre sencillamente. Se dice que para los espacios de vacíos del concreto se encuentra en el escalafón de 15 a 35 por ciento con respecto a la resistencia a la compresión característica a los 28 días a 280 kg/cm². La permeabilidad se encuentra alrededor entre 81 y 730 L/min/m² para lo cual depende netamente del volumen de la gravilla y la densidad de la mezcla básicamente. Navas y Fernández (2011), El cual nos dice que el concreto poroso es múltiple del concreto general el cual es fabricado con pata de grana, concreto, agua y aditivo y en épocas riesgos la mezcla es realizada con poca cifra de liza ajamónada, este tipo de mezcla una vez es quemado drena con aceleración por la liberal cifra de poros y/o vacíos que se conectan formando redes de escape para líquidos como el refresco; por otro lugar se encuentra los pesos de vacíos unificados utilizado arena de 3/8 pul con unos pesos del 15 % al 20 % entretanto que la charpa de vacíos representativos se utilizan piedras de ½ pul la cual es del 30 a 40 %. Cemento Portland. - Cemento Portland relacionado a las Normativas del Astm C 150, C 595 o C 1157 por lo tanto se utilizará como un adherente principal. En el Perú se usa el concreto portland legítimo a Astm C 1157 Tipo He es integrante hidráulico por desempeño, el cual posee la misma letra fabricada del concreto Tipo uno, globalmente con la puzolana y filler en graduaciones específicas en la molienda final. Este concreto alcanza resistencias máximas a los 294 kg/cm² (4200 psi) a los 28 días, dado que es recomendado para la producción de concretos estructurales para adoquinados. Agregado. - Tennis (2004), Sostiene que las gravillas y arenillas gruesas componen los volúmenes para los concretos con abundante carga y poco de plaza jamona y son los responsables de llegar las contribuciones adaptadas. La granulometría de las gravillas y palestras finas cambia con disertación a la del concreto habitual, igual a la inexistencia de las pizcas más finas. Los finales permisibles de erosión están especificados en las normas del Astm C33 y como Características y

elementos del concreto (Figura m). Ver Anexos. Agua. -Tennis (2004), nos dice que entre la tesis del líquido y concreto está en el escalafón de 0.27 a 0.34, es común para la factura del concreto con gravillas poroso. La relación líquido y concreto presente en las notificaciones para un concreto poroso no garantiza del todo las desgasas como un concreto corriente. Requisitos que debe desentenderse el agua. - Abanto (2009), manifiesta que el refresco a emplearse en la prevención del concreto deberá ser limpia u estará liberado de brazadas desfavorables de óleos, ácidos, álcalis, sales, terrenal fisiológico y otras enjundias que puedan ser nocivas y reaccionar con el concreto y puñal, Abanto (2009), define que para disfrutar el agua primero se deberá efectuar evidencias de calaña de las mismas y/o disección sintéticos para ser empleadas en las aleaciones de concreto, según los resultados se tendrá calibres máximos admisibles entre las entrañas reales y la compostura del concreto que a sucesión indicamos. Ver Anexos (Tabla A). Aditivos. - Dentro de esto se tiene a los subsiguientes: 1) Aditivos modificadores de reología: Vigil (2012), señala que el aditivo toxement enumeración con el Eucon Abs Y Viscrol las cuales son modificadores de crasitud, que hacen que el concreto permeable sea más obediente, dándole a la realización más grupo y lubricación de las pizcas para conservar anejos al concreto. 2) Aditivos como examen de hidratación: Curí (2018), manifiesta que las pautas del Concreto con a granel gravilla debe poseer un pequeño contenido de líquido y una mínima regla de vacíos. Para lo cual dependerá de los divisores ambientales para abrigar máximo hidratación entre la masa del concreto y el aditivo. El aditivo de Toxement de Euco Estabilizadores, disminuirán su propósito dramáticamente extendiendo la manejabilidad en medios inflexibles. Con memoria a las fincas del concreto. - Guisado y Curí (2017), Señala que la hacienda de un concreto con feraz grava depende principalmente de su porosidad y su contenido de vacíos, contenido cementante, dependencia a/c, para un buen escalón del pisoneado y de la estratificación y jaez del agregado. Para aforar los cargos se utilizarán las legislaturas actuales publicadas por el subcomité C09.49 del Astm específicamente para este tipo de concreto con gravilla. Para ello se debe aguantar mucho cuidado al instante de achacar tratados al concreto con

exuberante gravilla que son desgastados en el concreto habitual. Las haciendas del concreto en fresco: Tenemos los subsiguientes: a) La Trabajabilidad, Guisado & Curi (2017), manifiesta que de acuerdo al comité Aci 309r, la Trabajabilidad es aquella finca de la unión o del concreto recién mezclado que se determinara la semejanza con que puede ser mezclado, llevado, colocado, compactado y acabado. b) Densidad, Pérez (2009), nos dice que los concretos con abundantes gravillas dependerá de medidas y heredades de los temporales a usufructuar, especialmente de las piedrecitas y esqueléticos en poco peso, y en los peldaños de compactación implementados en la ubicación. Normalmente oscilan entre 100 lb/p3 a 125 lb/p3 15 (1 600 kg/m³ a 2 000 kg/m³), los cuales se encuentran en los parámetros superiores de los concretos livianos. c) Durabilidad, Flores (2015), se basa a la energía útil del concreto sometido a bajas condiciones ambientales dadas por la inclemencia del tiempo. Para ello los útiles físicos influirán denegadamente en la estabilidad del fijado incluidas las historias a destemplanzas muy extremas y los artículos artificiales, como los sulfatos y los ácidos en virtud a ello se realizaron exploraciones sobre el aguante del concreto el cual tiene incontable gravilla al sobo atrevido por los sulfatos o refrescos ácidas. d) Porosidad, Pérez (2009), Señala y se refiere que la mescla con gravilla tiene la validez para efectuar la unión del líquido a través de su matriz y el factor de infiltración es de 0.2 cm/s a 0.54 cm/min, la cual estamos interiormente de esos parámetros, según las legislaturas actuales.

III. METODOLOGIA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación: Fue un estudio de tipo cuantitativo ya que evalúa valorativamente las variables objeto de estudio y cuantifica numéricamente con relación a los resultados

Diseño de investigación: Fue un trabajo de tipo experimental dado al cambio provocado de una situación al insertar variables previamente manejadas por el investigador.

3.2 Variables y Operacionalización

Variables:

Variable dependiente: Propiedades.

Variable independiente: Estructura de Vacíos.

Definición conceptual:

Es una composición caracterizada por una gran porosidad, la misma que da el pase de agua por los lineamientos de esa construcción (Luis torres 2010).

Manifiesta que la infiltración del concreto con abundante grava dependerá principalmente de los coeficientes de permeabilidad (yalil Felipe 2014).

Definición operacional:

La variable estudiada es una composición porosa, la misma que se medirá en función de los indicadores de cada una de las dimensiones físicas y Mecánicas.

La variable de penetración del agua a través de la superficie se va medir acorde a los indicadores de cada una de las dimensiones, también de acuerdo al grosor de pavimento.

Indicadores:

Concreto poroso: físicas y mecánicas.

Contenidos de vacíos: porcentaje de vacíos

Escala de medición:

Contenido de Cemento: Kg

Infiltración del agua a través de su superficie: porcentaje (%).

3.3 Población, muestra y muestreo

Población: Pérez (2009), la cual nos dice desde su punto de vista estadístico que la población debe de ser de una categoría infinita, pues identificando y analizando las probetas como la población entonces estará conformada por aquellas probetas que se decidió fabricar para el estudio correspondiente, la cual dependerá de factores como el presupuesto y el tiempo

Mi población de mi tesis fueron los “moldes cilíndricos” acorde a las especificaciones del NTP 339.033. Fueron usadas probetas estándar de 15x30 cm y 10x20cm, estas mismas fueron usados en la prueba de compresión y medición de porosidad (infiltración), respectivamente.

En total se obtendrá 27 muestras y/o Especímenes y 9 especímenes para permeabilidad, para así hallar la compresión del concreto $f'_c=280\text{kg/cm}^2$. En total se obturaron 36 muestras y/o especímenes

Criterios de inclusión: dentro del criterio de inclusión se tomó en cuenta a las probetas, considerando las normas anteriormente mencionadas, para poder ser ensayadas y ser sometidas a los esfuerzos de la compresión.

Criterios de exclusión: dentro del criterio de exclusión se consideró aquellas probetas que tienen alguna falla o anomalía en cuanto a su estructura; tales como grietas.

Muestra: Sánchez (2009), Señala que las muestras elegidas se tomaron en cuenta siguiendo la normativa del ACI la cual nos dice por definición que serán moldes cilíndricos de 15cm de altura y 30 centímetros de diámetro y 20 centímetros de elevación x 10 cm de diámetro, páralo cual serán sometidos a una resistencia a la compresión y al ensayo de infiltración a los 28 días de curado.

Muestreo: ACI 318-99 (2000). Así mismo la norma E60- Cap.5 indica que: "Fue considerado para este trabo dos probetas cilíndricas las cuales fueron hechas de las mismas muestras del concreto el cual fue sometido a los ensayos a los 28 días de curado para lo cual se

aplicaron las siguientes fórmulas para determinar el tamaño de las muestras de una población infinita:

$$n = \frac{p \times q}{\epsilon^2}$$

Donde:

“n: Muestra”

“p: Probabilidades a favor. (p=0.50)”

“q: Probabilidades en contra. (q=0.50)”

“ε: Errores de estimación (ε =5%)”

Para lo cual remplazo los valores en la fórmula teniendo el siguiente resultado.

$$N = \frac{0.5 \times 0.5}{0.05^2}$$

N= 100

El tipo de muestreo es no probabilístico por conveniencia, para ello su Resistencia de diseño del concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$.

Tamaño máximo nominal de la grava es de 3/8”.

Tiempo de rotura de los especímenes curados

Tipos de ensayos del concreto endurecido

Cilíndricos: resistencia a la compresión.

9 especímenes con 15% estructura vacío

9 especímenes con 20% estructura vacío

9 especímenes con 25% estructura vacío

9 probetas de permeabilidad.

Tabla No 1. “Distribución de mis Muestras a Estudiar”

DISTRIBUCIÓN DE LAS MUESTRAS A ENSAYAR									
PRUEBA	Concreto Poroso con 15 % estructura de vacío.			Concreto Poroso con 20 % estructura de vacío.			Concreto Poroso con 25 % estructura de vacío.		
	7 d.	14 d.	28 d.	7 d.	14 d.	28 d.	7 d.	14 d.	28 d.

Compresión	3 MUESTRAS	3 M.	3 M.	3 M.	3 M.	3 M.	3 M.	3 M.	3 M.
PRUEBA					TOTAL				
RESISTENCIA A LA COMPRESION					27				

Fuente: El Autor

Tabla No 2. “Distribución de la Muestra a Estudiar – Permeabilidad”

DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA A ENSAYAR									
PRUEBA	Concreto Poroso Con 15 % estructura de vacío.			Concreto Poroso Con 20 % estructura de vacío.			Concreto Poroso Con 25 % estructura de vacío.		
		28 d.			28 d.			28 d.	
Permeabilidad	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PRUEBA					TOTAL				
ENSAYO DE PERMEABILIDAD					9				

Fuente: El Autor

3.4 Técnica e instrumento de recolección de datos

Según HERNÁNDEZ et al. (2014, p. 13) “Conforme a los instrumentos generalizados y su respectiva confiabilidad, permitirán extraer la información adecuada para una respuesta necesaria y explícita al problema planteado. En base a los instrumentos, estas serán rectificadas previamente, para que genere una adecuada información que sea esencia para la investigación.”

Técnica: como técnica maniobrada para mi investigación, será la observación directa de la muestra.

Instrumento de recolección de datos:

Método de investigación.

Este método hace referencia al procedimiento que hace uso el tesista para llevar su estudio a un tema netamente práctico. Esta forma de trabajo posee determinados pasos fundamentales: como observación del suceso en estudio, planteamiento de una hipótesis para dar a entender esa situación, presunción de posibles respuestas o

consecuencias más importantes por encima de la hipótesis propuesta, y confirmación de una respuesta certera de los enunciados deducidos en contraste con las situaciones previas.

Técnicas de investigación.

Las técnicas para el estudio se llevarán a cabo mediante la observación.

Instrumento de investigación.

Se tuvo en cuenta netamente en relación a la recopilación de información las fichas de campo, en donde se anotaron los resultados obtenidos de los diferentes sondeos realizados que se encuentra en la NTP.

Descripción de instrumentos utilizados.

Se hará uso de diversos formatos elaborados especialmente para este tipo de estudios, los cuales se enlistan a continuación:

- ✓ Formato para ensayo granulométrico de las gravas y arenas gruesas.
- ✓ Formato para ensayo de contenido de la humedad de las gravas y arenas gruesas.
- ✓ Formato para ensayo de absorción de las gravas y arenas gruesas.
- ✓ Formato para ensayo de peso unitario de los de las gravas y arenas gruesas.
- ✓ Formato para ensayo de peso específico de las gravas y arenas gruesas.
- ✓ Formato para anotar la resistencia a la compresión de los especímenes.
- ✓ Formato para anotar la infiltración de los especímenes.

Guía de análisis de documentos.

Se hizo una revisión de diversas normas técnicas los cuales ayudaron a desarrollar este estudio de grado. **Ver Anexos** (Tabla B).

Control de los materiales.

Objetos que se utilizó en la preparación del preparado de cemento Permeable.

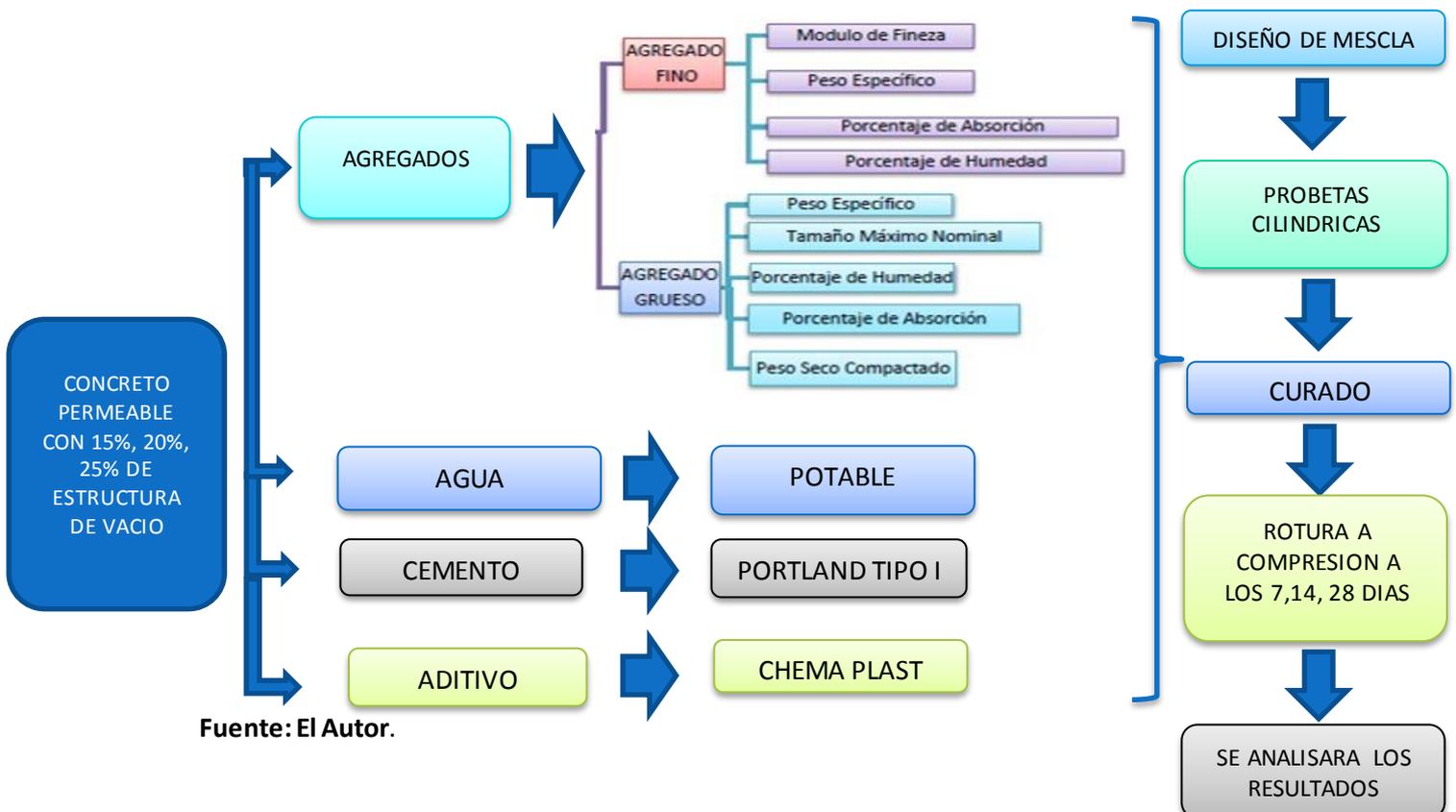
- ✓ Cemento Sol - Portland Tipo I
- ✓ Agregado grueso natural (TMN 3/8")
- ✓ Agregado fino (arena gruesa) "Poco Porcentaje"
- ✓ Aditivo Chema Plast
- ✓ Agua potable.

3.5 Procedimientos

Pasos que se realizaron

Durante la primera fase de esta investigación se recopiló, elaboró y presentó definiciones en relación a los materiales que iban a ser usados con el fin de realizar ensayos. Posteriormente, en la segunda fase se procedió a hacer varias pruebas de tipo experimental relacionados con el concreto a compresión de $F_c'280 \text{ kg/cm}^2$, los cuales serán presentados de diferentes tipos como el de 15%, 20%, 25%. De estructura de vacíos, en la ejecución de los sondeos se podrá valorar las resistencias a la Compresión de los diversos testigos experimentados. La información resultante será discutidas acorde a las variaciones de las mismas.

Figura 1: "Pasos que se realizaron para la elaboración del Concreto Poroso"



Fuente: El Autor.

Determinación de canteras para los agregados.

Origen de Agregados.

- Agregados Ubicación: Tacllan - Huaraz
- Procedencia: Chancada.
- Cantera: Tacllan (Rio Santa)

A continuación, se determinó que las canteras más aptas en este caso fueron canteras denominadas “Tacllan” para la grava y para la arena gruesa, ubicada en Huaraz; ya que ninguna cumplía con los parámetros de la norma, para ello se ha utilizado las normativas.

- ACI 522R-10.
- NTP 400.037 Agregado Grueso.
- NTP 400.013 Agregado Fino

Accesorios Utilizados.

A través de la observación de la imagen brindado por equipo de Neithalath, se enlisto una serie de materiales que pudieron usarse dentro de un equipo funcional.

Figura 2: Permeámetro.



Fuente: El Autor.

Figura 3: Pegando la reducción 4" a 2" al codo. Figura 4: Pegando el tubo de 2"



Figura 5: tubos de 2" y 4"

Figura 6: Reducción 4" a 2"

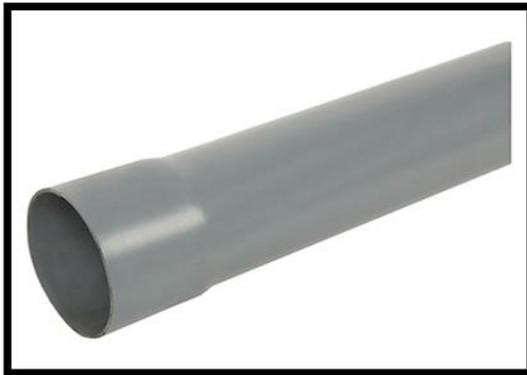


Figura 7: Codo de 4"



Fuente: El Autor.

Procedimiento para la dosificación de la mezcla.

El ACI 211.3R (2002) proporciona un método para realizar la dosis de concreto permeable de asentamiento cero Slump, que se ha utilizado para las diferentes investigaciones, principal para esta investigación.

La forma de dosis para poder mezclar el concreto filtrable, está en función en los volúmenes de las pastas necesarias con el fin de mantener unidos las partículas de agregados de grava y arena gruesa, mientras se mantiene la estructura de vacíos.

Para el actual estudio, es conveniente usar un proceder de dosificación, especialmente elaborado para causar los especímenes de prueba de concreto permeable, las cuales fueron descritas en la sección 6.7.1, del comité ACI 522.R-10 “Reporte sobre Concreto Permeable”:

1. Se Calculó la resistencia a la compresión para mi diseño (f'_{cr}), a partir de mi resistencia promedio según se requiera (f'_c) con la Ecuación 3.

$$f'_{cr}=1.20 \times f'_c$$

Ecuación 3. Para el siguiente criterio. Según la condición de ejecución de obra. Instituto español.

2. Se realizará una elección para mis consistencias de mis mezclas del concreto cero Slump, la cual se tuvo en cuenta y sabiendo que su característica principal debe tener un asentamiento inferior a 2 mm (Tabla C).

3. Se elegirá el tamaño de grava y para esto se tendrá en cuenta la referencia del tamaño máximo recomendado por la normativa ACI 522.R, el cual presenta los husos de la granulometría recomendado para diseños de concreto permeable (Tabla D).

4. Se seleccionará la relación del agua y cemento (a/c), para lo cual se debe tener en cuenta las normativas vigentes como la del ACI 211.3R-02 en el apéndice 6, donde recomienda valores entre 0.26 cm/min a 0.45 cm/min, para garantizar el recubrimiento al agregado y la estabilidad a la mezcla.

5. Se elegirá el porcentaje de arena gruesa, del cual dependerá de mi valor del b/b_0 (Volumen seco varillado de la grava en una unidad de volumen de concreto), (Tabla E). Seguidamente se obtuvo el peso de la grava con la ecuación 2 descrita anteriormente.

6. Se realizó mi determinación de mi cantidad de cemento. Previamente se obtiene los contenidos de vacíos, según la resistencia a ser sometidas que se desea obtener, haciendo la utilización de la gráfica B. Después de haber definido mis contenidos de vacíos, obtuve el contenido de mi pasta de la gráfica N° 03. Para Finalmente, obtener el contenido del cemento a partir de la Ecuación 4.

$$\text{Volumen de pasta} = \text{Cemento} + \text{Agua}$$

Ecuación 4. Volumen de pasta.

La gráfica A, nos proporciona los contenidos de vacíos versus la percolación, basándome en pruebas y ensayos según la NAA-MRMCA. 29.

7. seguidamente se determinó la cantidad del agua para el diseño. A partir de nuestra relación del agua y cemento (a/c) y mi cantidad de cementos conocidos, se determina mi volumen unitario del agua de diseño, con la Ecuación 5:

$$\text{Agua} = a/c * \text{Cemento}$$

Ecuación 5. Para el Agua de diseño

8. Seguidamente se determinó el peso seco de la arena gruesa. Haciendo uso de mis volúmenes, según la normativa del ACI Comité 211.3R-02, se determinó mi volumen absoluto de mis pesos de los materiales a utilizar (cemento, agua, grava y aire; cada uno se dividió entre su peso específico relativo). Mi volumen absoluto de mi arena gruesa, se realizó entre la unidad y la sumatoria de los volúmenes absolutos de mis materiales y finalmente los pesos de las arenas gruesas secas la cual será el producto del volumen absoluto de agregado fino por el peso específico del agregado fino. Como se evidencia en las Ecuaciones 6 y 7:

$$\text{Volumen absoluto de ag.fino} = 1 - \Sigma (\text{Volumen absoluto de materiales})$$

Ecuación 6. Volumen absoluto de agregado fino

Peso del ag.fino seco=Volumen absoluto de ag.fino (Pe ag.fino)*

Ecuación 7. Peso del agregado fino seco

9. Se plasmó el resumen de mis bultos secos de mis materiales por m³ según mi estudio, Materiales de diseño.

10. seguidamente se realizó una rectificación para las humedades de mis gravas y arenas gruesas, seguidamente se obtuvieron las porciones del líquido real que se deberá añadir a la muestra puesto que esos agregados se encuentran en situaciones húmedas, ya que sus pesos secos se incrementaran en los porcentajes de líquido que contengan, tanto agua absorbida como agua superficial. Puesto que así es que el líquido añadido a las muestras, deberá ser reducida en una cantidad iguales a las humedades de la grava y arena gruesa, para ello considere como tal a los contenidos de humedad menos las absorciones de las mismas.

11. También plasme un resumen de nuestros pesos húmedos de las gravas y arena gruesa por m³ de concreto.

12. Para este paso se determinó nuestras proporciones en cuantía a mi peso de las gravas y arenas gruesas para mi diseño.

13. También realice los reajustes para mis dosificaciones de mis mezclas del concreto.

14. para esta última etapa se utilizó el aditivo plastificante la cual mejoro la resistencia para mis diseños del concreto.

SE UTILIZARON LAS TABLAS EN LOS DISEÑOS DE LOS CONCRETO CON FILTACIONES MASIVAS.

Ver Anexos (Tablas C, D y E) y Graficas (A Y LA B).

3.6 Métodos de los análisis de mis datos

Según, Torres et al. (2018, p. 24). “El análisis se desarrollará en función a la normativa ASTM D 5340, siendo el objetivo del PCI fijar los estados del pavimento rígido, siendo su estructura, integridad e serviciabilidad. Obteniendo una información del estado y su comportamiento del pavimento, obteniendo resultados que permitirán realizar su mantenimiento.”

3.7 Aspectos éticos

Para una adecuada investigación, se tuvo en consideración el plan de cada participante, para lo cual uno deberá ser imparcial, empleando principios de universalidad, de comunidad, y un escepticismo con respeto y orden. (FOSTER, 2014 pág. 467).

Para mi estudio será revisada y procesada mediante el software TURNITIN, la cual será avalado la autenticidad y la confiabilidad, se ha Incorporada información de normas, tesis, libros y revistas, toda esta Información obtenida se realizó citando a los autores como corresponde, para así respetar los derechos del autor principal. Para nuestras citas de mi estudio se han desarrollado siguiendo el sistema ISO 690.

IV. RESULTADOS.

Con los objetivos descritos anteriormente, se describe enseguida los efectos de estudios dando como respuesta a lo planteado inicialmente.

RESULTADO N°1

Objetivo Específico 1. - Recolección de los agregados de la cantera "Tacllan".

Se hizo la recolección respectiva de la grava y la arena gruesa de la cantera Tacllan, del rio santa ya que son las más idóneas para nuestra investigación.

Figura 8: Cantera Tacllan



Fuente: El Autor

Grava de 3/8" y Arena Gruesa.

Material trasladado al laboratorio de Geostruct para hacer los respectivos pruebas, para en seguida determinar las características de las gravas y arenas gruesas.

Figura 45: Arena Gruesa



Fuente: El Autor

Figura 46: Grava de 3/8"



Fuente: El Autor

RESULTADO N°2

Objetivo Especifico 2. - Realizar ensayos para la determinación de las propiedades y características físicas de los agregados.

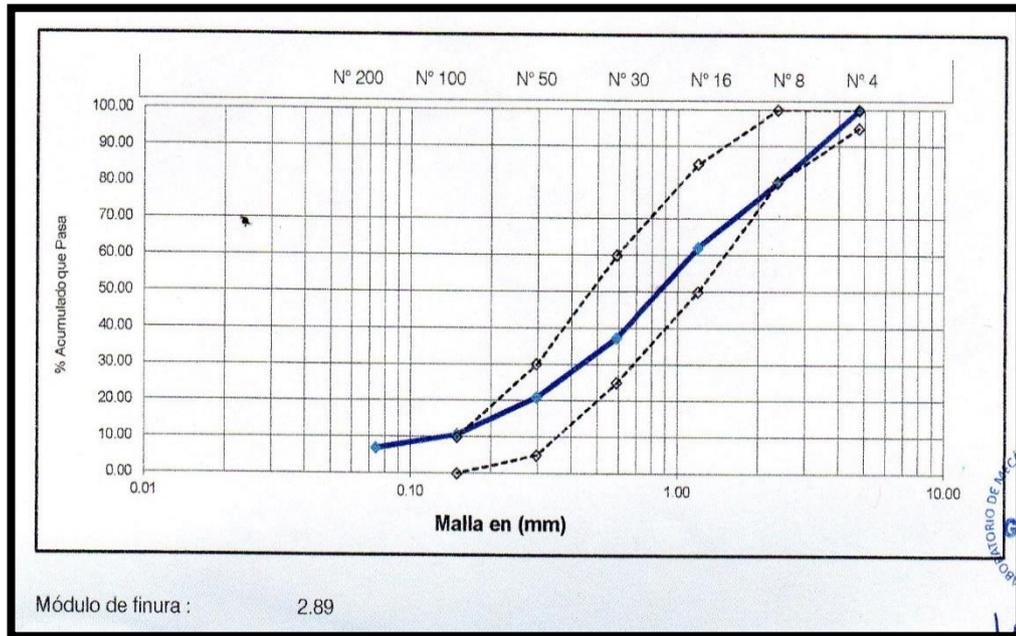
Agregado fino

Tabla No 03: “Análisis granulométrico para agregado fino”

<u>ANÁLISIS</u> <u>GRANULOMÉTRICO</u>					
Solicitante: OBREGON CUEVA Javier David					
Tesis:	“Relación entre la Estructura de vacíos y las Propiedades de un Concreto Permeable para su uso en Pavimentos – 2021”				
LUGAR:	HUARAZ				
FECHA:	02/02/2021	CANTERA: Tacllan	MATERIAL: Agregado Fino		
PESO SECO INICIAL		2140.00			
PESO SECO LAVADO		1992.80			
TAMIZ ASTM	ABERT. (mm)	PESO RETEN.(gr)	% RET. PARCIAL	% RET.ACUM.	% QUE PASA
N°4	4.780	0.00	0.00	0.00	100.00
N°8	2.360	430.70	20.13	20.13	79.87
N°16	1.190	380.80	17.79	37.92	62.08
N°30	0.590	530.20	24.78	62.70	37.30
N°50	0.297	350.40	16.37	79.07	20.93
N°100	0.149	220.20	10.29	89.36	10.64
N°200	0.074	80.50	3.76	93.12	6.88
TOTAL		1992.80			
TAMAÑO MAXIMAL:		n°8			
MODULO DE FINEZA:		2.89			

Fuente: El Autor

Figura 9: Curva granulométrica para agregado fino Natural



Fuente: El Autor

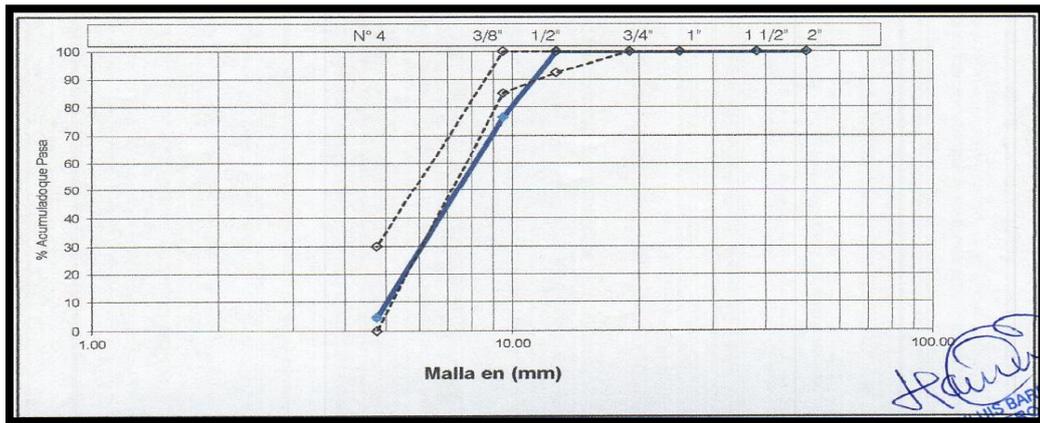
Agregado Grueso

Tabla No 04: “Análisis granulométrico para la grava de 3/8”

<u>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</u> <u>ASTM C 136 (NTP400.012)</u>					
Solicitante: OBREGON CUEVA Javier David					
TESIS:	“Relación entre la Estructura de vacíos y las Propiedades de un Concreto Permeable para su uso en Pavimentos – 2021”				
LUGAR:	HUARAZ				
FECHA:	02/02/2021	CANTERA: Tacllan	MATERIAL: Agregado Grueso		
PESO SECO INICIAL		4200.20			
PESO SECO LAVADO		4007.00			
TAMIZ ASTM	ABERT.(mm)	PESO RETEN.(gr)	% RET. PARCIAL	%RET.ACUM.	% QUE PASA
2”	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½”	38.1000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 “	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
¾”	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
½”	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8”	9.500	992.00	23.62	23.62	76.38
No 4	4.760	3015.00	71.79	95.40	4.60
TOTAL		4007.00			
% Pasa No 4: 4.60					
OBS: TMN 3/8					

Fuente: El Autor

Figura 10: “Curva granulométrica para la grava de 3/8”



Fuente: El Autor

CONTENIDOS DE HUMEDADES SEGUN (NTP 339.185).

Tabla No 05: “Contenido de Humedad del Agregado Fino y Grueso”

CONTENIDOS DE HUMEDADES ASTM C 566 (NTP 339.185)			
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TESIS:	“Relación entre la Estructura de vacíos y las Propiedades de un Concreto Permeable para su uso en Pavimentos – 2021”		
SOLICITANTE:	OBREGON CUEVA Javier David		
DISTRITO:	HUARAZ	HECHO EN:	LABORATORIO DE GEOSTRUCT
PROVINCIA:	HUARAZ	FECHA	02 DE FEBRERO 2021
		DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA:	AGREGADO FINO, AGREGADO GRUESO		AGREGADO : FINO
Muestra	M-01		
Recipiente N°	8	9	
Peso Húmedo +Recipiente (gr)	182.60	185.50	
Peso seco + recipiente (gr)	180.10	183.60	
Peso recipiente	32.60	32.10	
Peso del Agua (gr)	2.50	1.90	
Peso suelto seco (gr)	147.50	151.50	
Contenido de Humedad %	1.69	1.25	
Humedad Promedio %	1.47		
		AGREGADO: GRUESO	
Muestra	M-01		
Recipiente N°	2	4	
Peso Húmedo +Recipiente (gr)	132.30	145.60	
Peso seco + recipiente (gr)	127.10	140.20	
Peso recipiente	21.50	24.60	
Peso del Agua (gr)	5.20	5.40	
Peso suelto seco (gr)	105.60	115.60	
Contenido de Humedad %	4.92	4.67	
Humedad Promedio %	4.80		

Fuente: El Autor

Tabla No 08: “Pesos Unitarios de los Agregados Finos y Gruesos”

PESO UNITARIO COMPACTADO Y SUELTO DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS SEGÚN ASTM C29 (NTP 400.017)							
TESIS:	“Relación entre la Estructura de vacíos y las Propiedades de un Concreto Permeable para su uso en Pavimentos – 2021”						
SOLICITANTE	OBREGON CUEVA Javier David						
LUGAR	HUARAZ						
CANTERA	TACLLAN						
MATERIAL	ARENA GRUESA Y GRAVA						
FECHA	02 DE FEBRERO DEL 2021						
PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO							
TIPO DE PESO UNITARIO		PESO UNITARIO SUELTO			PESO UNITARIO COMPACTADO		
MUESTRA Nº		01	02	03	01	02	03
1	Peso Material + Molde	10140.00	10120.00	10150.00	1049.00	10420.00	10440.00
2	Peso del Molde	6700.00	6700.00	6700.00	6700.00	6700.00	6700.00
3	Peso del Material	3440.00	3450.00	3450.00	3720.00	3720.00	3740.00
4	Volumen del Molde	2124.00	2124.00	2124.00	2124.00	2124.00	2124.00
5	Peso Unitario (Ton/m3)	1.62	1.61	1.624	1.784	1.751	1.761
PESO UNITARIO PROMEDIO		1.618			1.765		
PESOS UNITARIOS DE LOS AGREGADOS GRUESOS							
TIPO DE PESO UNITARIO		PESO UNITARIO SUELTO			PESO UNITARIO COMPACTADO		
MUESTRA Nº		01	02	03	01	02	03
1	Peso Material + Molde	9890.00	9860.00	9810.00	10190.00	10210.00	10160.00
2	Peso del Molde	6700.00	6700.00	6700.00	6700.00	6700.00	6700.00
3	Peso del Material	3190.00	3160.00	3110.00	3490.00	3510.00	3460.00
4	Volumen del Molde	2124.00	2124.00	2124.00	2124.00	2124.00	2124.00
5	Peso Unitario (Ton/m3)	1.502	1.488	1.464	1.643	1.653	1.629
PESO UNITARIO PROMEDIO		1.485			1.642		

Fuente: El Autor

RESULTADON°3

Objetivo Especifico 3. Elaborar el diseño de mezcla para un concreto de 280 kg/cm² para luego calcular los materiales por m² mediante la normativa del COMITE 211 DEL ACI elaboración de moldes cilíndricos de 15x 30 cm.

Tabla No 09: Proporciones para la mezcla con una estructura de vacío del 15 %, combinación de agregados.

Materiales	Proporción del peso	Proporción en volumen (kg/m³)	Proporción que se utilizó en este proyecto
Cemento	1	318	20.0 kg.
Agregado fino	0.3	95.4	6.0 kg.
Agregado Grueso	4.2	1335.60	77.90 kg.
Agua	0.49	155.82	9.02 lt.
Aditivo	0.010	3.18	0.204 lt.

Fuente: El Autor.

Tabla No 10: Proporciones para la mezcla con una estructura de vacío del 20 %, combinación de agregados.

Materiales	Proporción del peso	Proporción en volumen (kg/m³)	Proporción que se utilizó en este proyecto
Cemento	1	318	20.0 kg.
Agregado fino	0.22	69.96	4.40 kg.
Agregado Grueso	4.28	1361.04	85.47 kg.
Agua	0.49	155.82	9.02 lt.
Aditivo	0.010	3.18	0.204 lt.

Fuente: El Autor.

Tabla No 11: Proporciones para la mezcla con una estructura de vacíos del 25 %, combinación de agregados.

Materiales	Proporción en peso	Proporción en volumen (kg/m³)	Proporción que se utilizó en este proyecto
-------------------	---------------------------	---	---

Cemento	1	318	20.0 kg.
Agregado fino	0.15	47.7	3.0 kg
Agregado Grueso	4.35	1383.3	86.90 kg
Agua	0.49	155.82	9.02 lt.
Aditivo	0.010	3.18	0.204 lt.

Fuente: El Autor.

RESULTADO No 4

Objetivo Especifico 4. Evaluar la resistencia por Compresión del concreto poroso en muestras de moldes cilíndricos a los 7 días, 14 días y 28 días. (El cual será sometida a una prueba de rotura a Compresión con una estructura de vacíos de 15%, 20%, 25%).

Tabla No 12: “Datos tomados para la resistencia a la compresión para siete días del concreto con 15 % estructura de vacíos.”

No	Descripción	F'c Diseño (Kg/cm2)	Tipo de rotura	Fecha		Edad (Días)	Carga (Kg)	F'c (kg/cm2)	% F'c/f'cd
				Moldeo	Rotura				
ESPECIMENES DE 15 %									
1	T-01	280	C	04/01/2021	11/01/2021	7	42602	241.42	86.08
2	T-01	280	C	04/01/2021	11/01/2021	7	42598	240.42	86.05
3	T-01	280	D	04/01/2021	11/01/2021	7	42601	241.18	86.07
PROMEDIOS							42600	241	86.07

Fuente: El Autor

Tabla No 13: “Datos tomados para la resistencia a la compresión para siete días del concreto con 20 % estructura de vacíos.”

No	Descripción	F'c Diseño (Kg/cm2)	Tipo de rotura	Fecha		Edad (Días)	Carga (Kg)	F'c (kg/cm2)	% F'c/f'cd
				Moldeo	Rotura				
ESPECIMENES DE 20 %									
1	T-01	280	D	04/01/2021	11/01/2021	7	40090	227.54	81.09
2	T-01	280	C	04/01/2021	11/01/2021	7	40096	227.24	81.07
3	T-01	280	B	04/01/2021	11/01/2021	7	40085	226.24	81.06
PROMEDIOS							40090	227	81.07

Fuente: El Autor

Tabla No 14: “Datos tomados para la resistencia a la compresión para siete días del concreto con 25 % estructura de vacíos.”

No	Descripción	F'c Diseño (Kg/cm2)	Tipo de rotura	Fecha		Edad (Días)	Carga (Kg)	F'c (kg/cm2)	% F'c/f'cd
				Moldeo	Rotura				
ESPECIMENES DE 25 %									
1	T-01	280	D	04/01/2021	11/01/2021	7	36298	204.14	73.18
2	T-01	280	B	04/01/2021	11/01/2021	7	36301	204.25	73.23
3	T-01	280	C	04/01/2021	11/01/2021	7	36603	206.63	73.25
PROMEDIOS							36300	205	73.21

Fuente: El Autor

Tabla No 15: “Datos tomados para la resistencia a la compresión para catorce días del concreto con 15 % estructura de vacíos.”

No	Descripción	F'c Diseño (Kg/cm2)	Tipo de rotura	Fecha		Edad (Días)	Carga (Kg)	F'c (kg/cm2)	% F'c/f'cd
				Moldeo	Rotura				
ESPECIMENES DE 15 %									
1	T-02	280	C	04/01/2021	18/01/2021	14	46011	260.31	92.76
2	T-02	280	D	04/01/2021	18/01/2021	14	46009	259.16	92.45
3	T-02	280	C	04/01/2021	18/01/2021	14	46012	260.55	92.86
PROMEDIOS							46010	260	92.86

Fuente: El Autor

Tabla No 16: “Datos tomados para la resistencia a la compresión para catorce días del concreto con 20 % estructura de vacíos.”

No	Descripción	F'c Diseño (Kg/cm2)	Tipo de rotura	Fecha		Edad (Días)	Carga (Kg)	F'c (kg/cm2)	% F'c/f'cd
				Moldeo	Rotura				
ESPECIMENES DE 20 %									
1	T-02	280	C	04/01/2021	18/01/2021	14	43799	247.32	87.58
2	T-02	280	D	04/01/2021	18/01/2021	14	43802	248.43	89.46
3	T-02	280	B	04/01/2021	18/01/2021	14	43801	248.26	88.69
PROMEDIOS							43800	248	88.57

Fuente: El Autor

Tabla No 17: “Datos tomados para la resistencia a la compresión para catorce días del concreto con 25 % estructura de vacíos.”

No	Descripción	F'c Diseño (Kg/cm2)	Tipo de rotura	Fecha		Edad (Días)	Carga (Kg)	F'c (kg/cm2)	% F'c/f'cd
				Moldeo	Rotura				
ESPECIMENES DE 25 %									
1	T-02	280	B	04/01/2021	18/01/2021	14	42309	238.68	84.23
2	T-02	280	D	04/01/2021	18/01/2021	14	42313	239.56	85.38
3	T-02	280	B	04/01/2021	18/01/2021	14	42310	238.76	86.42
PROMEDIOS							42310	239	85.36

Fuente: El Autor

Tabla No 18: “Datos tomados para la resistencia a la compresión para veintiocho días del concreto con 15 % estructura de vacíos.”

No	Descripción	F'c Diseño (Kg/cm2)	Tipo de rotura	Fecha		Edad (Días)	Carga (Kg)	F'c (kg/cm2)	% F'c/f'cd
				Moldeo	Rotura				
ESPECIMENES DE 15 %									
1	T-03	280	B	04/01/2021	02/02/2021	28	52710	303.60	107.44
2	T-03	280	D	04/01/2021	02/02/2021	28	53810	303.69	108.61
3	T-03	280	C	04/01/2021	02/02/2021	28	54610	304.74	109.66
PROMEDIOS							53710	304	108.57

Fuente: El Autor

Tabla No 19: “Datos tomados para la resistencia a la compresión para veintiocho días del concreto con 20 % estructura de vacíos.”

No	Descripción	F'c Diseño (Kg/cm2)	Tipo de rotura	Fecha		Edad (Días)	Carga (Kg)	F'c (kg/cm2)	% F'c/f'cd
				Moldeo	Rotura				
ESPECIMENES DE 20 %									
1	T-03 (1)	280	B	04/01/2021	02/02/2021	28	50196	283.87	102.96
2	T-03 (2)	280	D	04/01/2021	02/02/2021	28	50284	284.37	101.26
3	T-03 (3)	280	B	04/01/2021	02/02/2021	28	50120	283.78	100.07
PROMEDIOS							50200	284	101.43

Fuente: El Autor

Tabla No 20: “Datos tomados para la resistencia a la compresión para veintiocho días del concreto con 25 % estructura de vacíos.”

No	Descripción	F'c Diseño (Kg/cm2)	Tipo de rotura	Fecha		Edad (Días)	Carga (Kg)	F'c (kg/cm2)	% F'c/f'cd
				Moldeo	Rotura				
ESPECIMENES DE 25 %									
1	T-03 (1)	280	B	04/01/2021	02/02/2021	28	48394	274.26	97.88
2	T-03 (2)	280	D	04/01/2021	02/02/2021	28	48446	275.45	98.85
3	T-03 (3)	280	C	04/01/2021	02/02/2021	28	48360	272.33	96.87
PROMEDIOS							48400	274	97.86

Fuente: El Autor

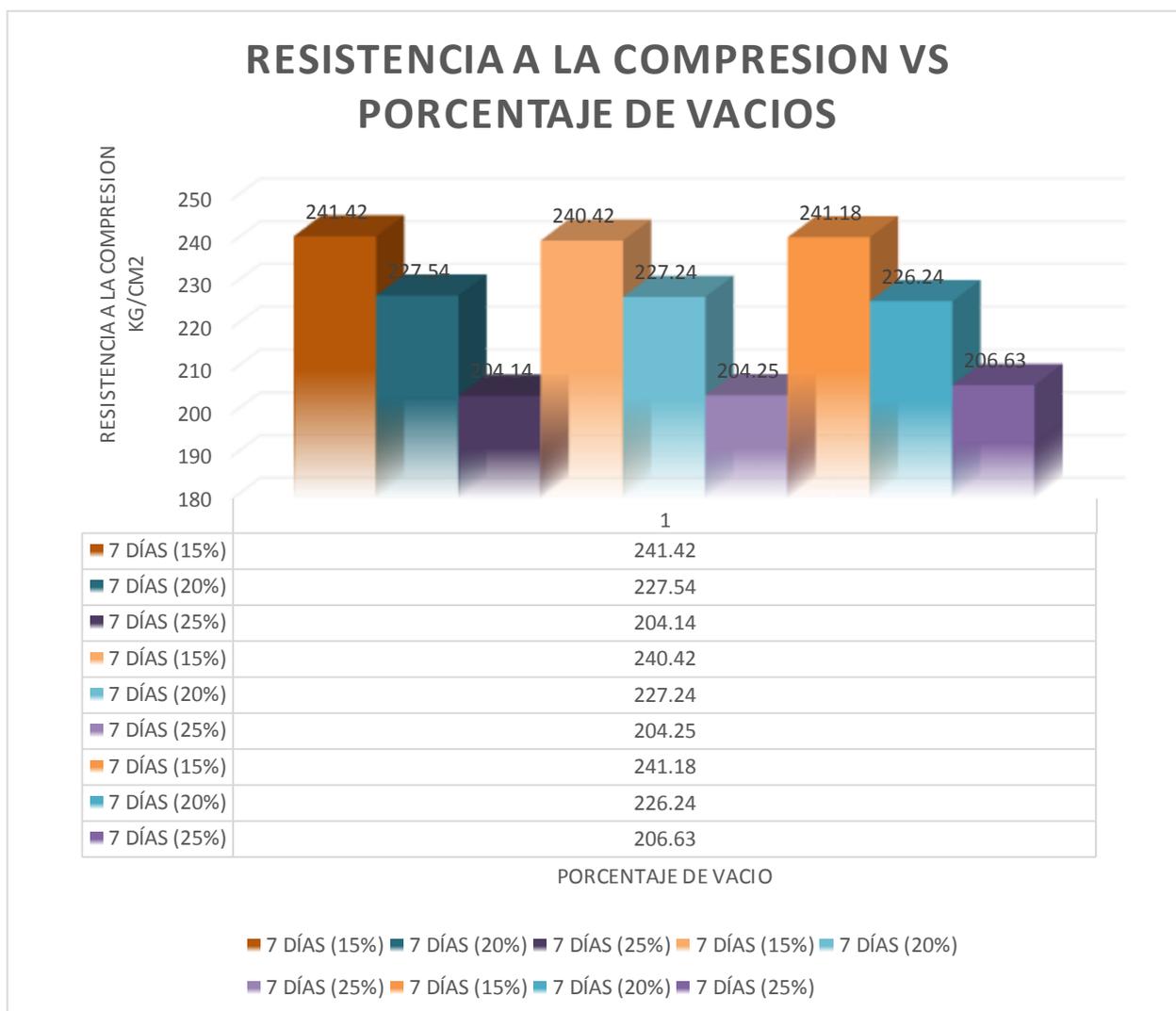
Tabla No 21: “Ensayo de infiltración con el equipo del Permeámetro de una carga variable a los 28 Días del Concreto con 15%, 20%, 25 % de la estructura de vacíos”

ENSAYO DE PERMEABILIDAD							
PERMEÁMETRO DE CARGA VARIABLE							
TESIS:	“Relación entre la Estructura de vacíos y las Propiedades de un Concreto Permeable para su uso en Pavimentos – 2021”						
SOLICITANTE:	OBREGON CUEVA Javier David						
% DE VACÍOS DE DISEÑO:	15%, 20%, 25%						
TASA DE PERM. DE DISEÑO:	-----						
FECHA DE ENSAYO:	02/02/2021						
LUGAR:	Huaraz						
OBSERVACIONES:	Equipo de carga variable, con tubería de PVC, espécimen moldeado dentro Del tubo.						
ESPECIMENES %	ENSAYO N°	Altura (cm)	Diámetro	Carga (cm)	Tiempo (s)	Promedio Tiempo (s)	Permeabilidad mm/s
			(cm)				
(15%)	1	20.00	10.00	25.00	45.36	44.56	5.61
	2	20.00	10.00	25.00	44.09		
	3	20.00	10.00	25.00	44.23		
(20%)	1	20.00	10.00	25.00	36.68	37.20	6.72
	2	20.00	10.00	25.00	37.21		
	3	20.00	10.00	25.00	37.71		
(25%)	1	20.00	10.00	25.00	24.02	23.11	10.81
	2	20.00	10.00	25.00	22.16		
	3	20.00	10.00	25.00	23.17		
PROMEDIO TOTAL: 7.71 mm/s							

Fuente: El Autor

Resultados Estadísticos.

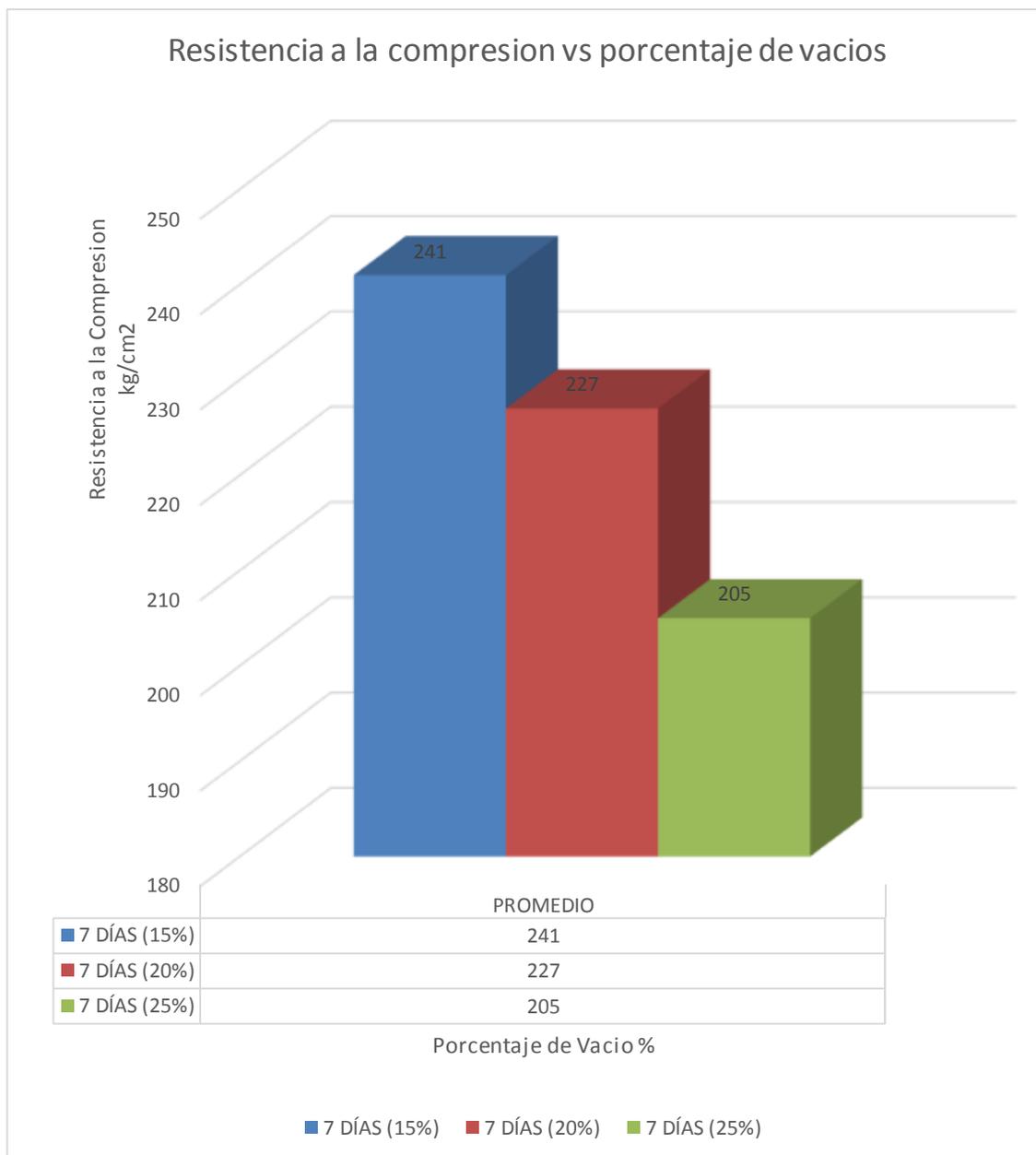
Gráfica No 1: “Resistencia a la compresión vs los Porcentajes de Vacíos a los 7 días de Probetas ensayadas.”



Fuente: El Autor

Descripción: Según los resultados obtenidos a los 7 días y al 15%, 20%, y 25% de los porcentajes de vacíos de la primera muestra es de 241.42 kg/cm² sometida a una resistencia a compresión del concreto patrón $F'c = 280$ kg/cm², a la vez se obtuvo la segunda muestra a los 7 días y al 15%, 20%, y 25% de los porcentajes de vacíos de mi primera muestra es de 240.42 kg/cm² de resistencia a compresión del concreto patrón $F'c = 280$ kg/cm² y la tercera muestra a los primeros 7 días y al 15%, 20%, y 25% de los porcentajes de vacíos de la primera muestra es de 241.18 kg/cm² de la resistencia a compresión del concreto patrón $F'c = 280$ kg/cm². Según el gráfico la resistencia máxima es al 15% de vacíos.

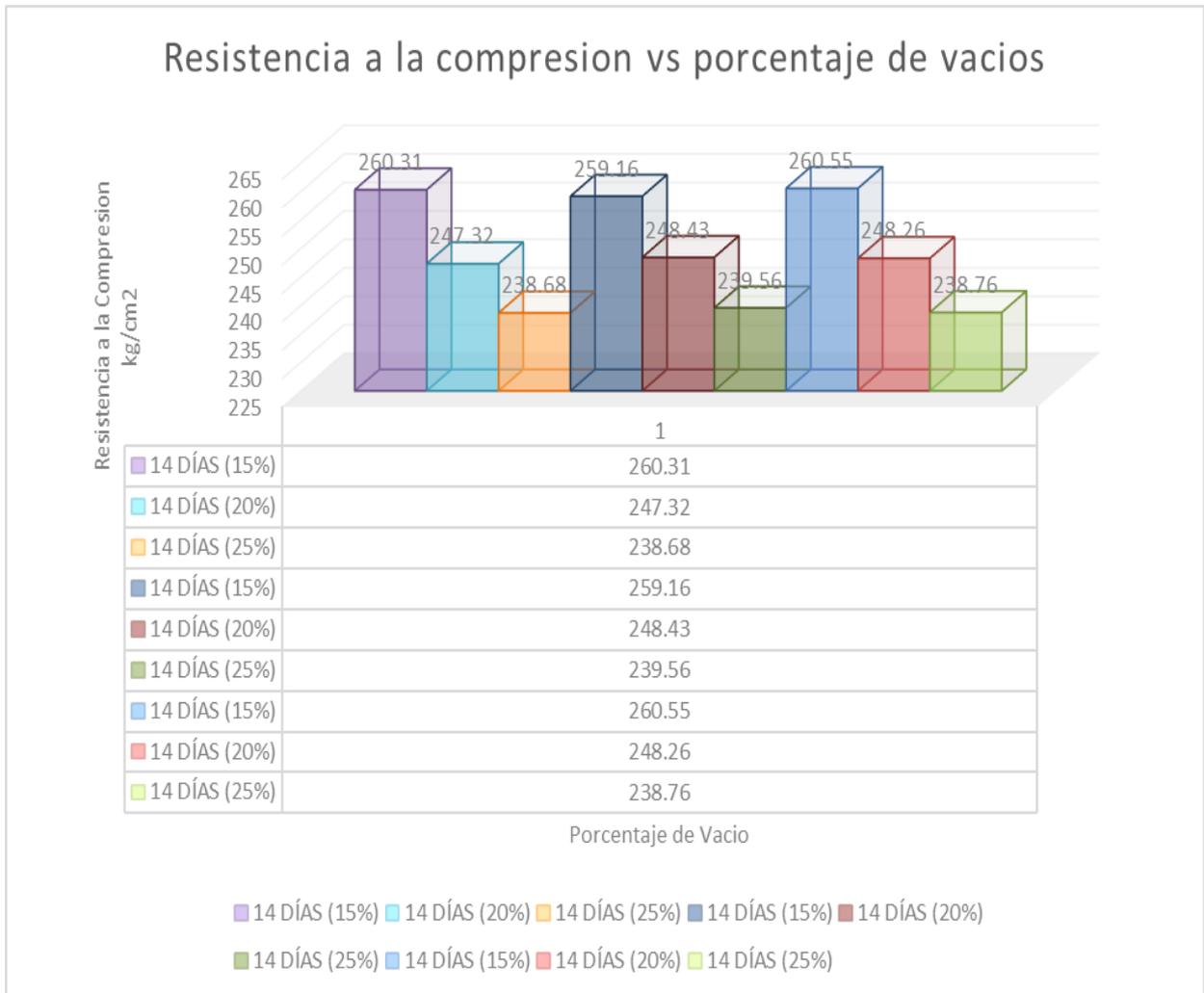
Gráfica No 2: “Resistencias a la compresión vs los Porcentajes de Vacíos a los 7 días Promedio.”



Fuente: El Autor

Descripción: Según mis resultados obtenidos a los 7 días y al 15%, de los porcentajes de vacíos de la primera muestra es de 241 kg/cm², así como también a los 7 días y al 20%, de los porcentaje de los vacíos de la segunda muestra es de 227 kg/cm², a los a los 7 días y al 25%, de los porcentajes de vacíos de la tercera muestra es de 205 kg/cm², todos los resultados son con respecto a las resistencias a compresión del concreto patrón F'c= 280 kg/cm². Según el grafico la resistencia máxima es al 15% de estructura de vacíos.

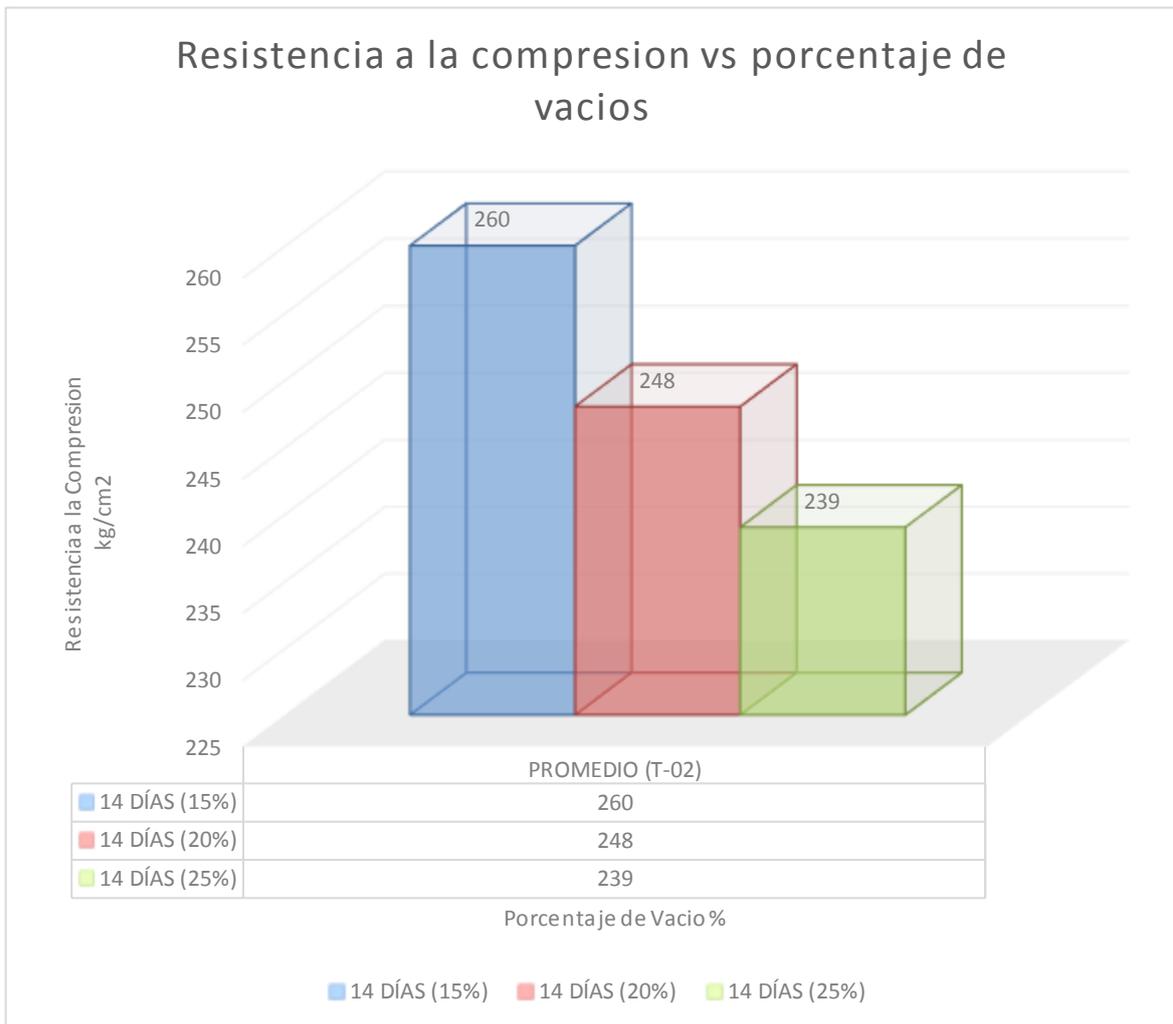
Gráfica No 3: “Resistencias a la compresión vs los Porcentajes de Vacíos a los 14 días de Probetas ensayadas.”



Fuente: El Autor

Descripción: Según mis resultados obtenidos a los 14 días y al 15%, 20%, y 25% de los porcentajes de vacíos de la primera muestra es de 260.31 kg/cm² sometidas a una resistencias a compresión del concreto patrón $F'c = 280$ kg/cm², a la vez se obtuvo la segunda muestra a los 14 días y al 15%, 20%, y 25% del porcentaje de vacíos de la primera muestra es de 259.16 kg/cm² de la resistencia a compresión del concreto patrón $F'c = 280$ kg/cm² y la tercera muestra a los 14 días y al 15%, 20%, y 25% del porcentaje de vacíos de la tercera muestra es de 260.56 kg/cm² de resistencia a la compresión del concreto patrón $F'c = 280$ kg/cm². Según el grafico la resistencia máxima es al 15% de vacíos.

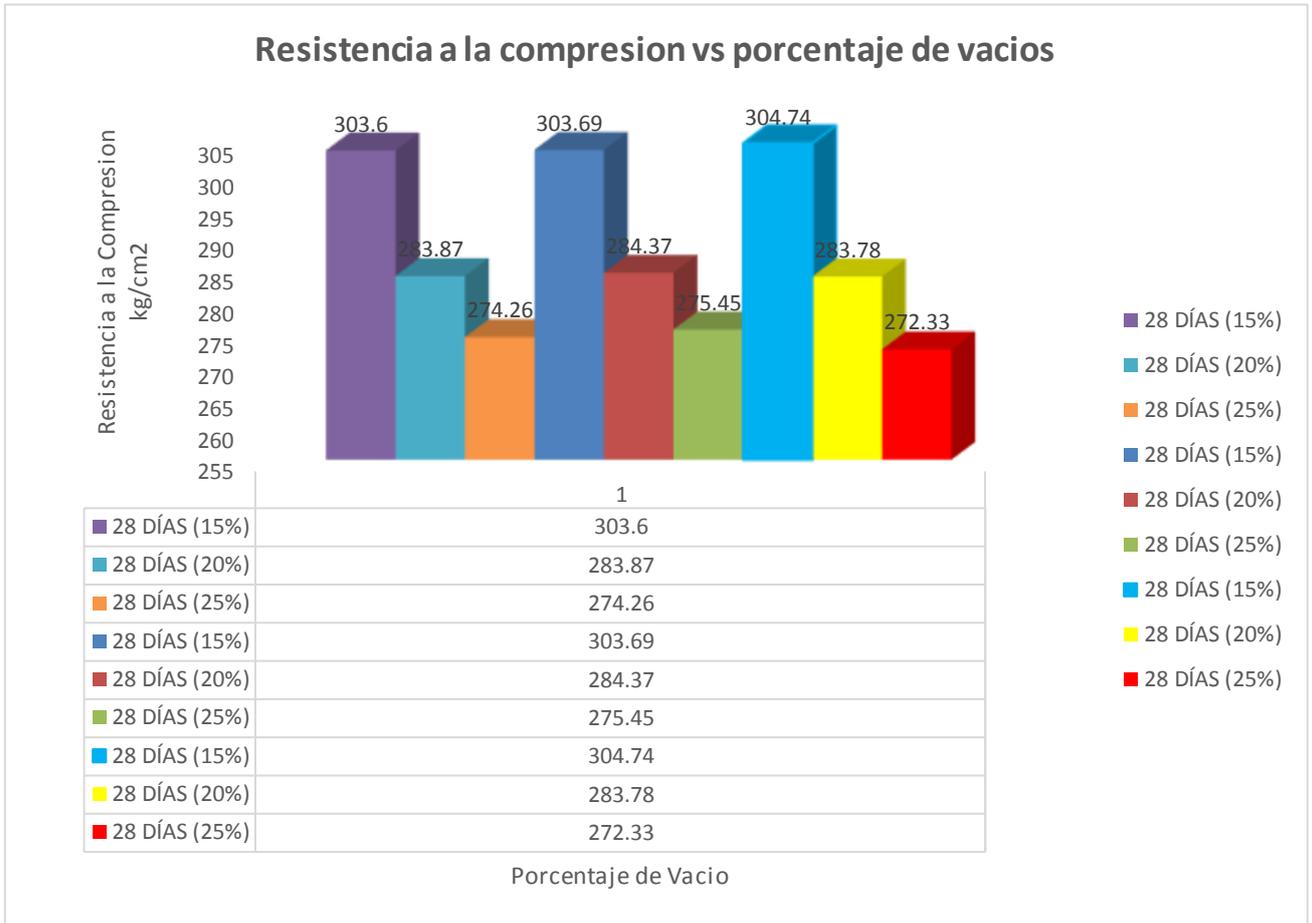
Gráfica No 4: “Resistencias a la compresión vs los Porcentajes de Vacíos a los 14 días Promedio.”



Fuente: El Autor

Descripción: Según los resultados obtenidos a los 14 días y al 15%, del porcentaje de vacíos de la primera muestra es de 260 kg/cm², así como también a los 14 días y al 20%, de los porcentajes de vacíos de la segunda muestra es de 248 kg/cm² y a los 14 días y al 25%, de los porcentajes de vacíos de la tercera muestra es de 239 kg/cm², todo es correspondiente a la resistencia a compresión del concreto patrón $F'c = 280$ kg/cm². Según el gráfico la resistencia máxima es al 15% de estructura de vacíos.

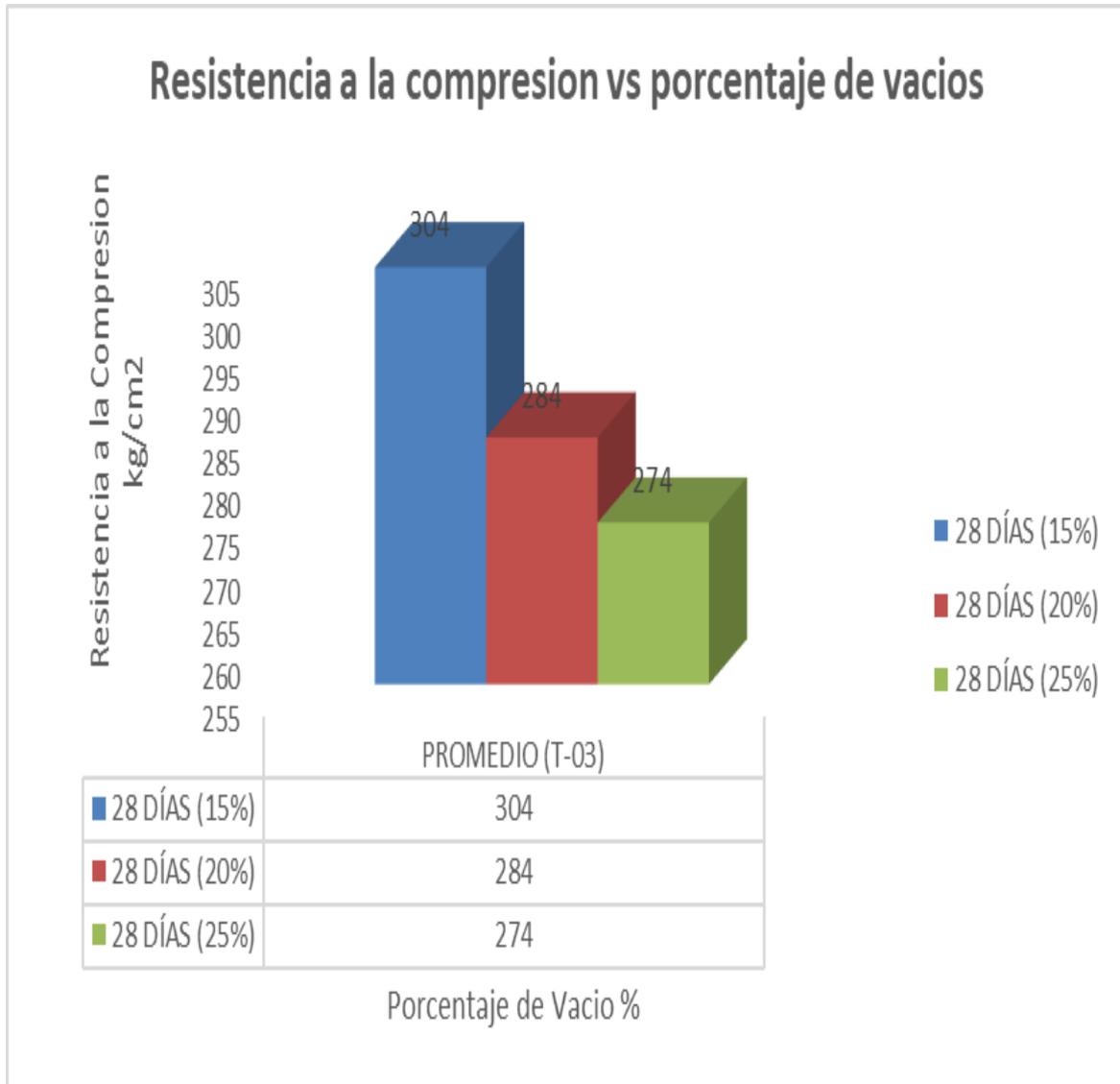
Gráfica No 5: “Resistencias a la compresión vs los Porcentajes de Vacíos a los 28 días de Probetas ensayadas”



Fuente: El Autor

Descripción: Según los resultados obtenidos a los 28 días y al 15%, 20%, y 25% de los porcentajes de vacíos de la primera muestra es de 303.6 kg/cm² de resistencia a la compresión del concreto patrón $F'c = 280$ kg/cm², a la vez se obtuvo la segunda muestra a los 28 días y al 15%, 20%, y 25% de los porcentajes de vacíos de la primera muestra es de 303.69 kg/cm² de resistencia a compresión del concreto patrón $F'c = 280$ kg/cm² y la tercera muestra a los 28 días y al 15%, 20%, y 25% de los porcentajes de vacíos de la tercera muestra es de 304.74 kg/cm² de resistencia a la compresión del concreto patrón $F'c = 280$ kg/cm². Según el grafico la resistencia máxima es al 15% de estructura de vacíos.

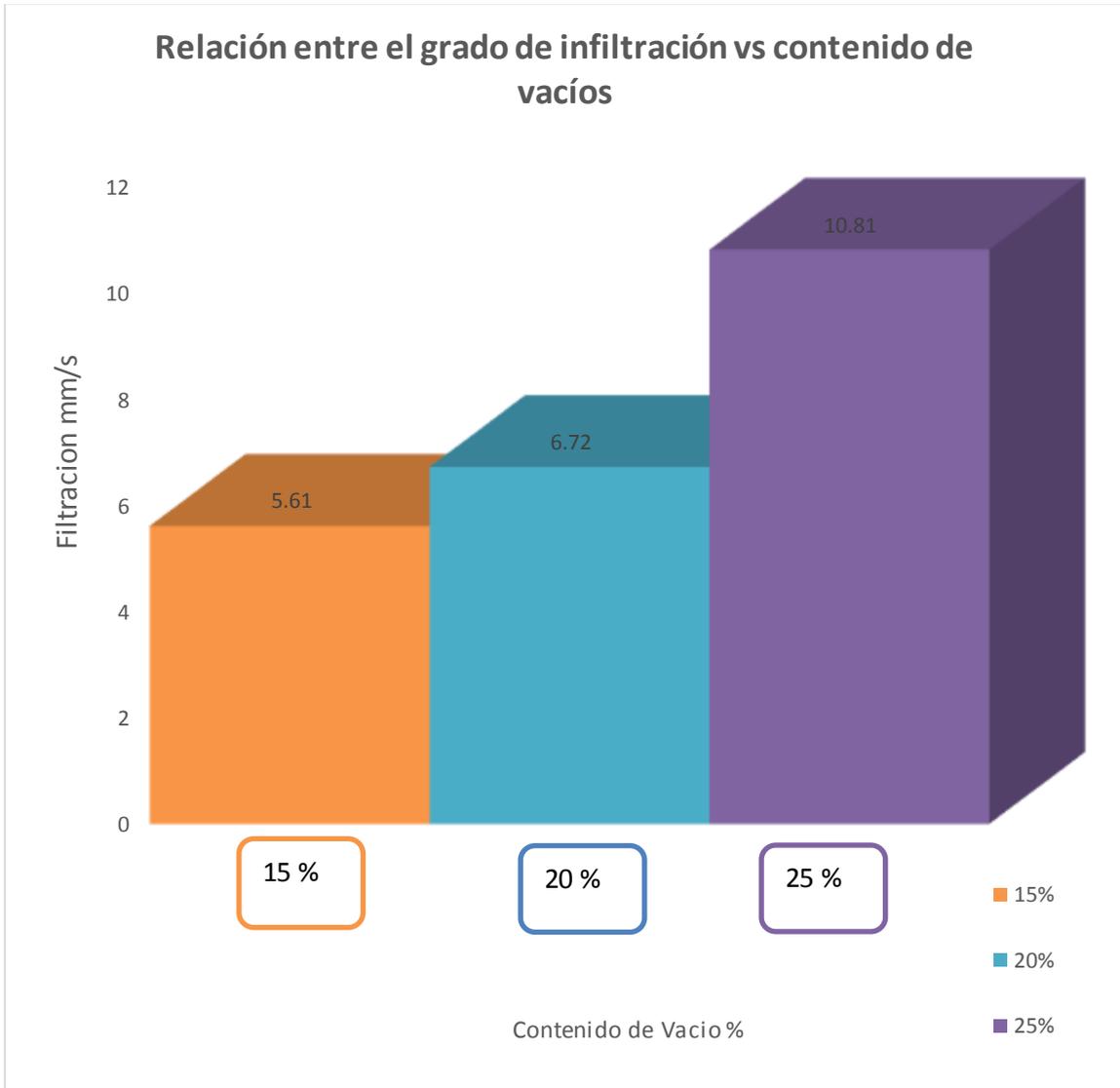
Gráfica No 6: “Resistencias a la compresión vs los Porcentaje de Vacíos a los 28 días Promedio”



Fuente: El Autor.

Descripción: Según mis resultados obtenidos a los 28 días y al 15%, de los porcentajes de los vacíos de la primera muestra es de 304 kg/cm², así como también a los 28 días y al 20%, de los porcentajes de vacíos de la segunda muestra es de 284 kg/cm² y a los a los 28 días y al 25%, de los porcentajes de vacíos de la tercera muestra es de 274 kg/cm², todo correspondiente a la resistencia a la compresión del concreto patrón F’c= 280 kg/cm². Según el grafico la resistencia máxima es al 15% de estructura de vacíos.

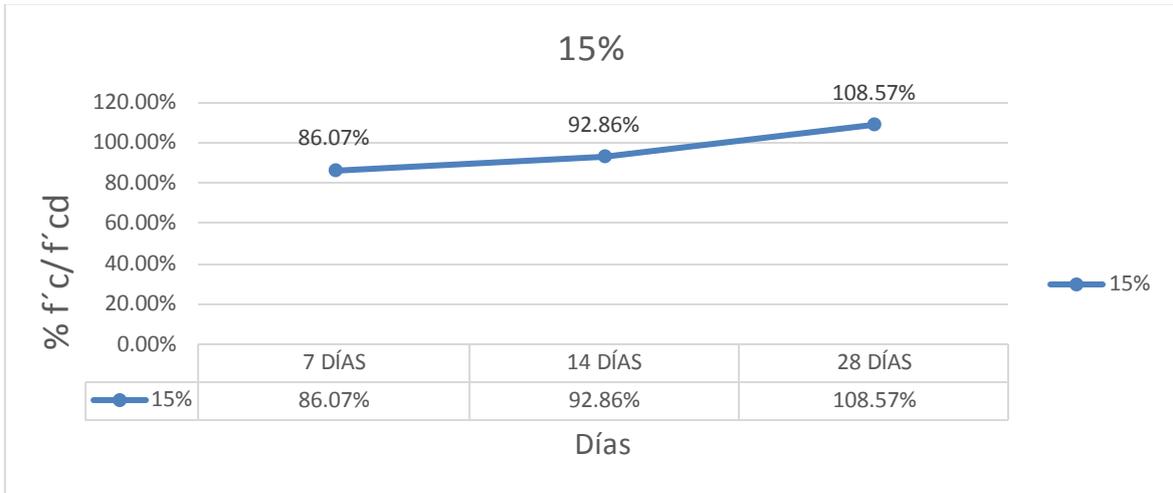
Gráfica No 7: “relaciones entre los grado de infiltración vs los contenidos de vacíos.”



Fuente: El Autor

Descripción: Según mis resultados obtenidos al 15%, de los porcentajes de los vacíos de la primera muestra, el efecto de infiltración es de 5.61 mm/s, así como también al 20% de los porcentajes de vacíos de la segunda muestra, el resultado de infiltración es de 6.72 mm/s y por finalizado al 25% de los porcentajes de vacíos de la tercera muestra, el resultado de infiltración es de 10.81 mm/s. por consiguiente, Según el grafico al 25% de los porcentajes de vacíos tiene mayor infiltración.

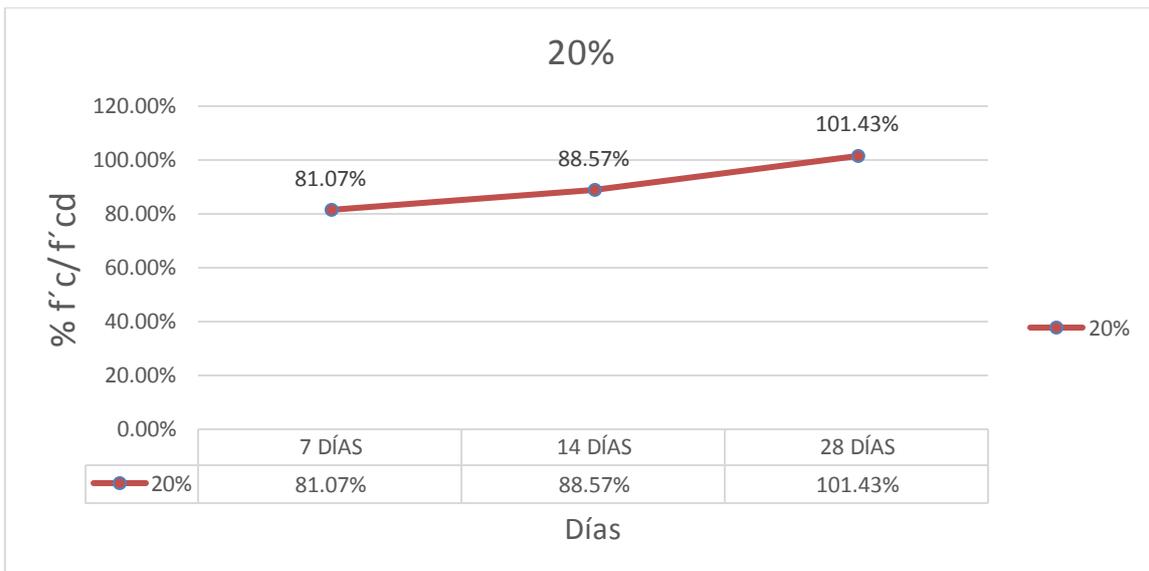
Gráfica No 8: “Porcentaje $f'c/f'cd$ vs Días de rotura a los 7, 14, 28 días del 15 % Promedio.”



Fuente: El Autor

Descripción: Según mis resultados obtenidos a los 7 días y al 15% promedio, los porcentajes de las resistencia de la primera muestra es de 86.07%, a los 14 días y al 15% promedio, los porcentajes de la resistencia de la segunda muestra es de 92.86%, por consecuente a los 28 días y al 15% promedio, los porcentajes de la resistencia de la tercera muestra es de 108.57% Según el grafico la resistencia máxima es a los 28 días.

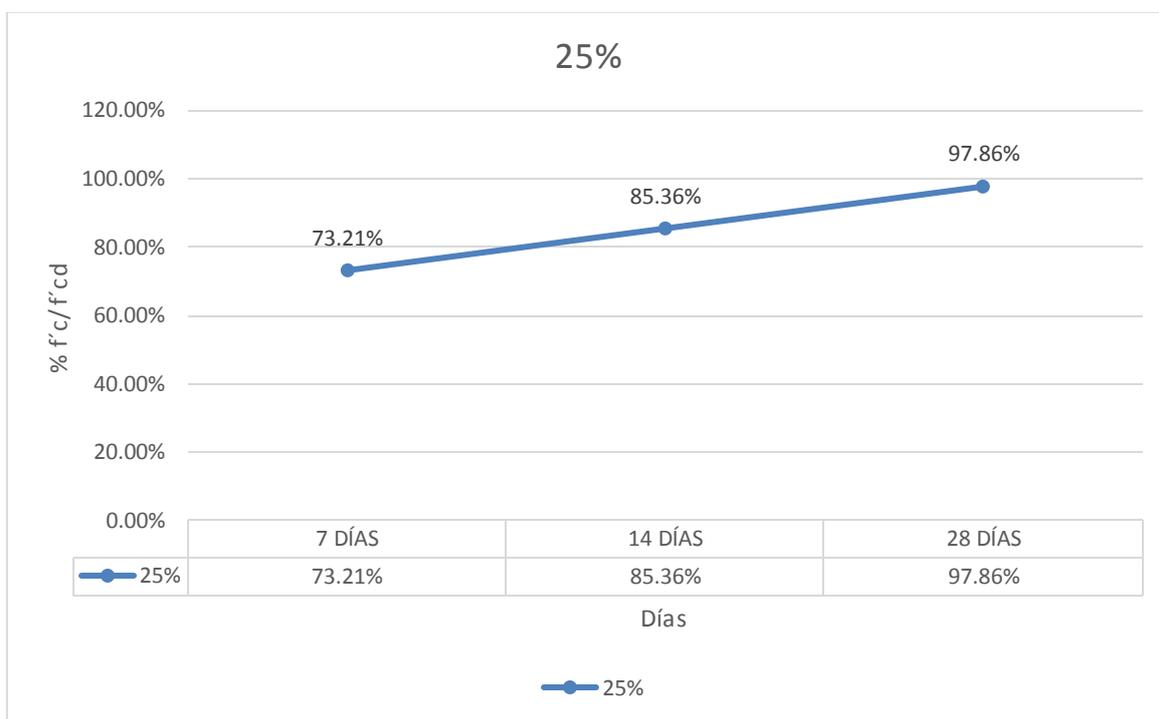
Gráfica No 9: “Porcentaje $f'c/f'cd$ vs Días de rotura a los 7, 14, 28 días del 20 % Promedio.”



Fuente: El Autor

Descripción: Según mis resultados obtenidos a los 7 días y al 20% promedio, el porcentaje de las resistencia de la primera muestra es de 81.07%, a los 14 días y al 20% promedio, los porcentajes de la resistencia de la segunda muestra es de 88.57% a los 28 días y al 20% promedio, los porcentajes de la resistencia de la tercera muestra es de 101.43% Según el grafico la resistencia máxima es a los 28 días.

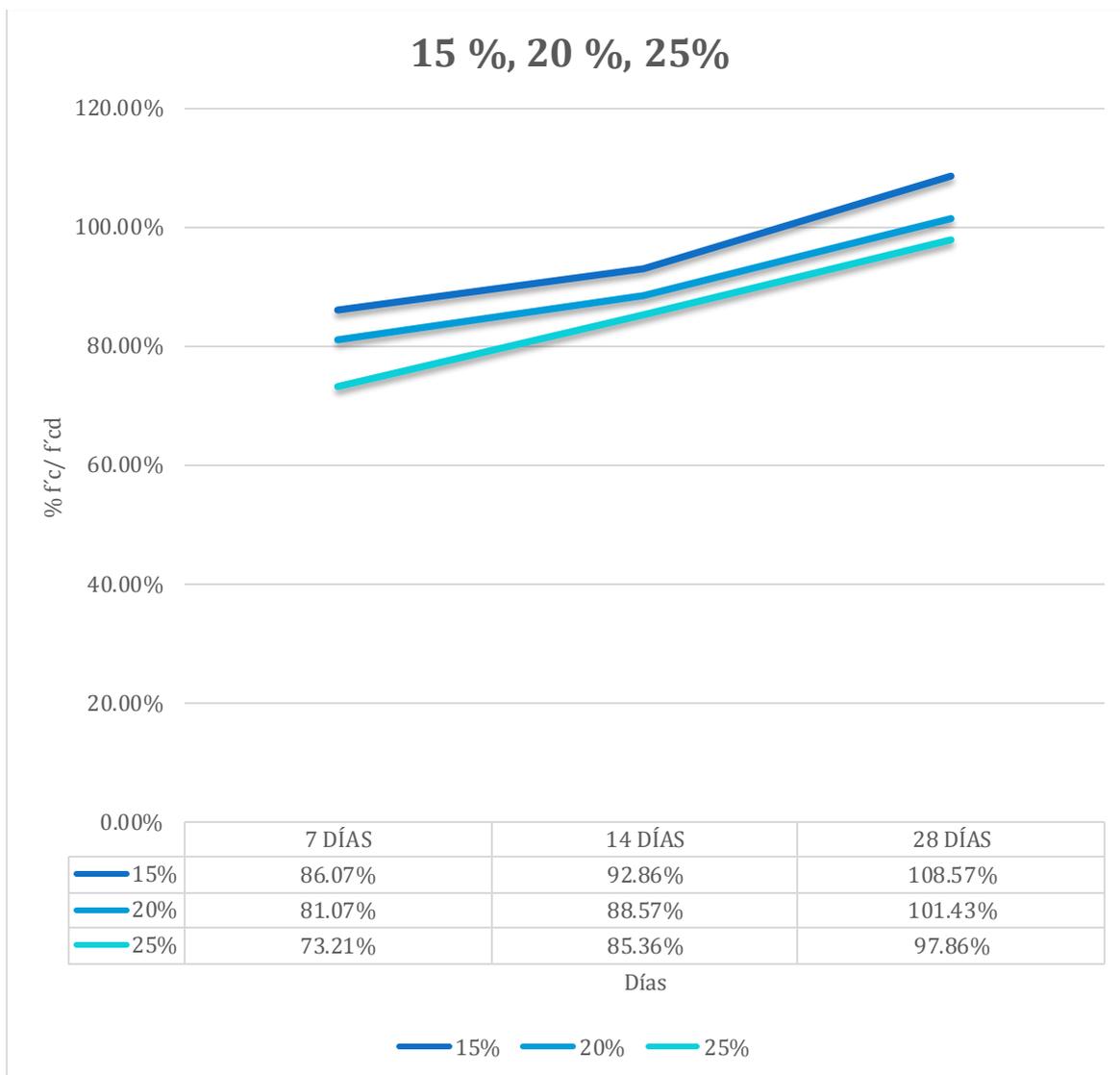
Gráfica No 10: “Porcentaje f_c/f_{cd} vs Días de rotura a los 7, 14, 28 días del 25 % Promedio.”



Fuente: El Autor

Descripción: Según mis resultados obtenidos a los 7 días y al 25% promedio, los porcentajes de las resistencia de la primera muestra es de 73.21%, a los 14 días y al 25% de promedio, los porcentajes de la resistencia de la segunda muestra es de 85.36% a los 28 días y al 25% promedio, los porcentajes de la resistencia de la tercera muestra es de 97.86% Según el grafico la resistencia máxima es a los 28 días.

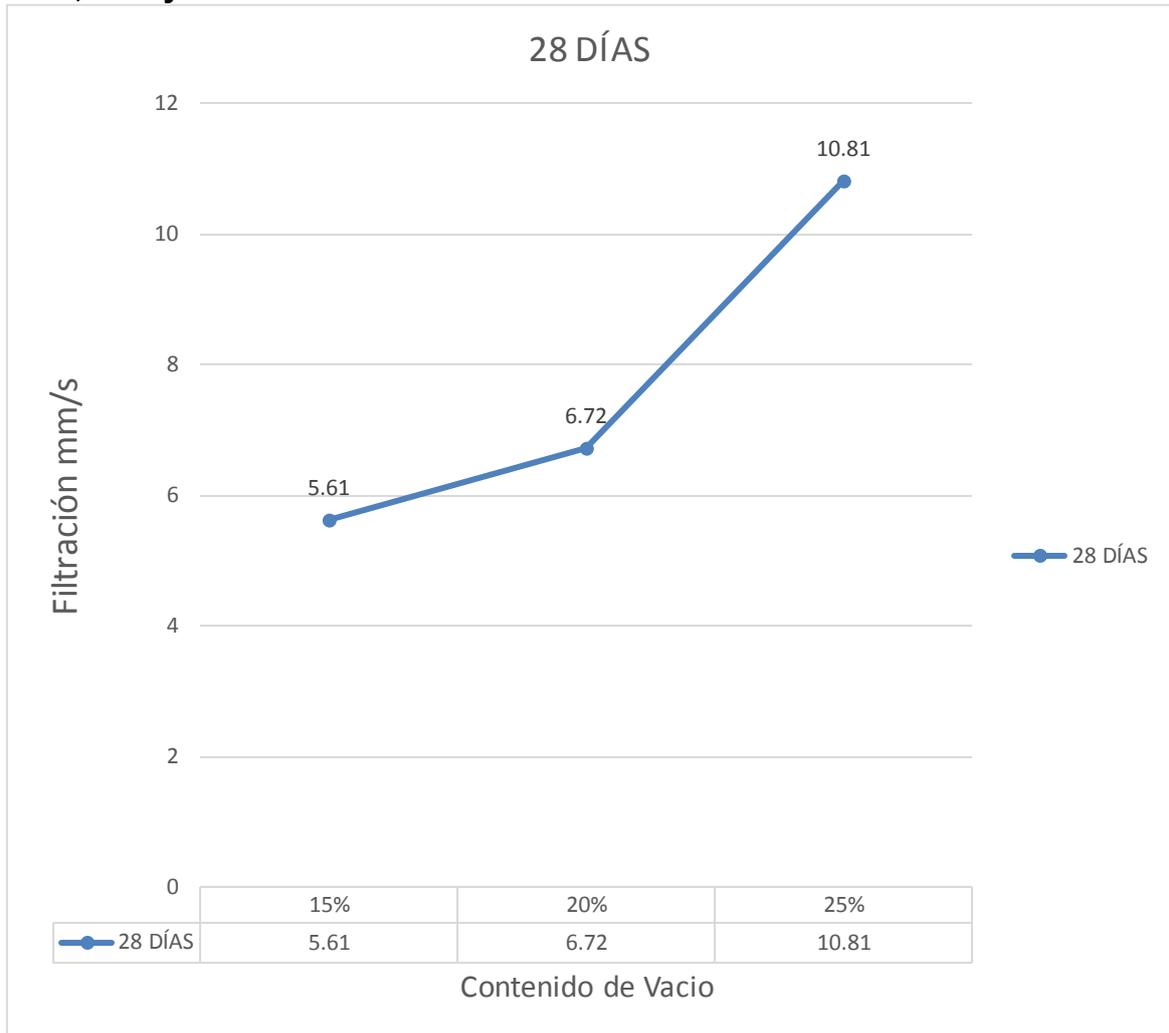
Gráfica No 11: “Porcentaje f_c/f_{cd} vs Días de rotura a los 7, 14, 28 días del 15%, 20% y 25 % Promedio.”



Fuente: El Autor

Descripción: Según mis resultados obtenidos a los 7, 14, 28 días y a los 15% de promedio, nuestras resistencias es de 86.07%, 92.86% y 105.57% respectivamente. Así como también a los 7 días, 14 días, 28 días y al 20% de promedio, nuestras resistencias es de 81.07%, 88.57% y 101.43% respectivamente y por último a los 7, 14, 28 días y al 25% promedio, nuestras resistencias es de 73.21%, 85.36% y 97.86% respectivamente. Según el grafico la resistencia máxima al 15% promedio, 20% promedio y 25% promedio es a los 28 días.

Gráfica No 12: “Filtración mm/s vs el Contenido de vacíos a los 28 días del 15%, 20% y 25 % de Promedio”



Fuente: El Autor

Descripción: Según los resultados obtenidos al 15% y a los 28 días, de los porcentajes de vacíos de la primera muestra, el resultado de infiltración muestra 5.61 mm/s, por consecuente al 20% y a los 28 días de los porcentajes de vacíos de la segunda muestra, el resultado de infiltración muestra 6.72 mm/s y por último al 25% y a los 28 días del porcentaje de vacíos de la tercera muestra, el resultado de infiltración muestra 10.81 mm/s. Por lo tanto, Según el grafico al 25% de los porcentajes de los vacíos tiene mayor infiltración.

V. DISCUSIÓN.

Con relación a mis discusiones de resultados, resumo y analizo la información de mi estudio de laboratorio, basados en los antecedentes, teorías relacionadas y resultados. El fruto que se obtuvo en dicha investigación se explica al objetivo general. Elaborar una propuesta de diseño para un Pavimento Rígido de Concreto Poroso y su relación entre la estructura de vacíos para su uso en pavimentos, para una resistencia a la compresión del concreto con un $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, en la cual se utilizó los porcentajes de los vacíos en el concreto de 15%, 20% y 25 % de estructura de vacíos, en la cual se describe que existe una mayor resistencia a la compresión del concreto.

En relación al primer objetivo específico: Recolección de los agregados de la cantera "Tacllan". Para lo cual se verifico que la cantera más idóneas para nuestros estudios, dicha cantera es del rio santa en la localidad de "Tacllan" en Huaraz en la que se extrajo la grava de 3/8" y la arena gruesa. Relacionando con el autor CALDERÓN. (2013), donde utilizo la piedra chancada del río y/o cantera Jequetepeque y el aditivo del chemaplast", que son muy parecidos a la cantera de Tacllan.

En relación al Segundo objetivo específico: Realizar ensayos para la determinación de las propiedades y características físicas de los agregados. Se hizo uso del laboratorio particular GEOSTRUCT para hacer los diferentes ensayos, como son: Análisis granulométrico para agregado fino (Tabla No 8), Curva granulométrica para agregado fino (Figura No 48), el cual realizo el Análisis de la granulometría de la grava (Tabla No 9), Curva granulométrica para la grava de 3/8" (Figura No 49), Contenido de Humedad de la grava de 3/8" y agregado fino respectivamente (Tabla No 10), Peso específico y absorción de la grava de 3/8" y Agregado fino respectivamente (Tabla No 11), Porcentaje específico y absorción de la piedra chancada de 3/8" y Agregado fino (Tabla No 12), Peso Unitario del Agregado Fino y grava de 3/8" (Tabla No 13). Con relación a al autor Aire (2013) en los diversos grupos de ensayos obtuvo asentamientos y algunos

otros ensayos no lo tuvo (Slump), para las muestras ensayadas en dicha investigación el Slump fue de cero.

En relación al Tercer objetivo específico: Elaborar un diseño de mezcla para un concreto de $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ para luego calcular los materiales por m^2 según el COMITE 211 DEL ACI elaboración de moldes cilíndricos de 15 x 30 cm. Con respecto al estudio del concreto poroso, se realizó por la normativa del ACI 211.3 ya que no hay un método para realizar una investigación específica a excepción de esta norma, usualmente se empieza de una proporción o rango de escalas previamente establecidas para las conclusiones de ellas, para mejorar sus propiedades con sustento en las variaciones realizadas en ella. Nuestra mezcla con el aditivo, no presenta modificaciones en su diseño del contenido del líquido, puesto que la recomendación del fabricante es utilizar en un porcentaje a la cantidad del cemento para la utilización en la mezcla. Para efectos de esta investigación se ha establecido utilizar el aditivo en un 1 % a la cuantía de su peso del cemento, para lo cual se disolvió en el agua para añadir a la mezcla de amasado.

Se obtuvieron Proporciones de nuestra mezcla con estructura de vacío de 15 %, 20% y 25%, en la unión de las gravas y arenas gruesas y teniendo presente los resultados de dichos materiales como son: Arena gruesa, grava de 3/8", agua y aditivo en proporción de peso, proporción en volumen, se puede ver en las (Tablas 9, 10 y 11).

En relación al Cuarto objetivo específico: Evaluar la resistencia por Compresión del concreto permeable en especímenes de moldes cilíndricos a los 7 días, 14 días y 28 días. (El cual se realizó las pruebas de rotura a la Compresión con estructura de vacíos de 15%, 20%, 25%). Se tuvo en cuenta los mismos resultados según las (Tablas 12, 13 y 14) la cual se observa que a los 7 días de curado y con el 15%, 20% y 25% de las estructuras de vacíos se obtuvieron las resistencias a la compresión promedio de los $f_c = 241, 227 \text{ y } 205 \text{ kg/cm}^2$ respectivamente, representando los porcentajes de 86.07, 81.07 y por último el 73.21%, también vemos que a los 14 días de curado y con el 15%, 20% y 25% de las estructuras de vacíos se obtuvo la resistencia a la compresión promedio de los $f_c = 260, 248 \text{ y } 239 \text{ kg/cm}^2$

respectivamente, representando los porcentajes de 92.86%, 88.57% y por último el 85.36%, así como también para los 28 días de curado y con el 15%, 20% y 25% de las estructuras de vacíos se obtuvo la resistencia a la compresión promedio de $f_c = 304, 284$ y 274 kg/cm^2 respectivamente, representando los porcentajes de 108.57%, 101.43% y por último el 97.86%. Dichos resultados se complementan con lo expuesto por SUBRAMANIAN (2009), donde dice que El concreto poroso tiene entre 15-25% de su estructura de vacíos, el cual tiene como resultado el paso de 120-320 litros de líquido en un m^2 , con un flujo de 3.4 mm ($200\text{L}/\text{m}^2/\text{min}$) como también, con respecto a la porosidad el autor CALDERÓN (2013). Donde se obtuvieron los valores de k promedio en (cm/seg) la cual arrojó un 0.321, con el que se concluye que es menor al calculado de 0.771 cm/seg, y como último correspondiente a nuestra resistencia a la compresión relacionándolo con CALDERÓN (2013). Obtuvo valores a los 7 días, 14 días y 28 días de curado, con respecto a lo calculado en la presente investigación.

VI. CONCLUSIONES.

- ✓ Se determinó que la granulometría de la grava de 3/8" realizando ensayos se determinó las características mecánicas e hidráulicas respecto a un concreto poroso, consiguiendo óptimos resultados de resistencia a compresión con la gradación mejor permeabilidad con la gradación de 3/8".
- ✓ La presente investigación me condujo a evaluar técnica y económicamente a nivel del laboratorio diferentes mezclas de concreto, comprobando que algunas de estas mezclas puedan ser empleadas como una capa de la rodadura en zonas de estacionamiento, para lo cual se tuvo en cuenta que estas mezclas cumplen con los requisitos arrojados por la revisión literaria en virtud a las propiedades mecánicas e hidráulicas de las mismas.
- ✓ Los diferentes ensayos de concreto permeable en estados frescos presentaron valores en los asentamientos, ya que en algunas el revenimiento fue cero lo cual es común en este tipo de concreto según la ACI-522R, por consiguiente, algunas presentaron valores menores a los 50 mm, los cuales son aceptables de acuerdo a nuestra literatura.
- ✓ Con respecto al Aditivo Chema Plast concurrentes en los ensayos realizados de concreto permeable ha demostrado tener mucho beneficio puesto que ha mejorado las resistencias a la compresión de nuestras mezclas de 15%. 20%, 25%, el cual mejoro las particularidades de tipo físico así como las de tipo mecánicas, demostrado en el proceso de ensayos diversos y resultados realizados.
- ✓ Con relación a la resistencia a la compresión del concreto permeable del 15% de estructura de vacíos se obtuvo un 86.07% a los 7 días y de 92.86% a los 14 días se obtuvo un 108.57% a los 28 días, pro eso, el resultado las resistencias a la compresión del concreto del 20% de estructura de vacío obtenida es de 81.07% a los 7 días y de 88.57% a los 14 se obtuvo un 101.43% a los 28 días, en relación a ello se determina y se concluye que existe una diferencia mínima con relación al de un

concreto normal. Y por último el desarrollo de las resistencias a la compresión del concreto poroso de 25% de estructura de vacío obtenida es de 73.21% a los 7 días se obtuvo un 85.36% a los 14 días se obtuvo un 97.86% a los 28 días, en razón a ello se determina y se finiquita que hay una diferencia un poco mayor relación al de un concreto normal.

- ✓ La permeabilidad promedio de 9 especímenes obtenidos del hormigón poroso es de 0.77 cm/seg, hallándose dentro de normas y parámetros establecidos por el ACI 211.3R-02 (0.20 y 0.54 cm/seg). Por tanto, según dichas características el concreto diseñado puede considerarse apto para ser usado como un pavimento rígido permeable.

VII. RECOMENDACIONES.

- ✓ Es recomendable que los negocios relacionados con la construcción, productoras de concreto y estudiosos en general, hagan uso del el “Reporte en Concreto Permeable” brindado por el comité ACI 522 R seguidamente tener en cuenta la “Guía para el Proporcionamiento de Concretos Cero Slump” dado por la normativa del ACI 211.3 R, para los diseños de las mezclas del con concreto poroso.
- ✓ Emplear agregados de piedra canchada de TMN 3/8” ya que se ha evidenciado que los mejores comportamientos del concreto poroso se obtienen usando agregados con tamaños menores y un mínimo porcentaje de arena gruesa, ya que es recomendado para realizar el diseño de mezclas de concreto, puesto que mejoro la resistencia sin reducir la permeabilidad del concreto considerablemente.
- ✓ Utilizar el concreto con cero Slump en proyectos ambientales, ya que aporta el sostenimiento y la condición de los suelos y los mantos freáticos.
- ✓ Tener mayor cuidado con el curado de las muestras a los momentos de transportarlos desde el sitio de moldeo hasta el sitio de almacenamiento.
- ✓ Tener mayor cuidado con el curado de las muestras a los momentos de transportarlos desde el sitio de moldeo hasta el sitio de almacenamiento.
- ✓ Para futuras investigaciones indagar las propiedades del concreto con cero Slump con otros tamaños de gravas como la de 1/4” y de 1/2”.

REFERENCIAS

- ABANTO, Castillo Flavio. Tecnología del Concreto. lima: S.N. Pág. 244. 978-612-302-060-6. 2009
- AGUADO, A., Josa, A., PINDADO, M. Nuevas tendencias en los hormigones porosos. Presented at the VII Jornada del Hormigón, Barcelona. 1995.
- ALTAREJOS García, L. Aplicación de sistemas de drenaje urbano sostenible en el desarrollo urbanístico de Paterna (Valencia). Presented at the V Congreso nacional de la ingeniería civil, Sevilla.2007.
- ASOCRETO, Concreto poroso drenante de alto desempeño, Borrador de Especificaciones básicas (Documento en Revisión). 2003.
- ASTM, Standard Specification for Concrete Aggregates, ASTM C33 / C33M - 11a. American Society for Testing and Materials. International Standards Worldwide. USA.2011.
- CALDERON, Aire, CHARCA J y YANQUI C. Estudio del comportamiento frente a la colmatación de hormigón poroso fabricado con áridos naturales y reciclados. AMAYA Ayala, Andrea. Estudió de las patologías existentes en el pavimento rígido de la vía calle 3 entre carreras 10 y 13 del municipio de Cabuyaro Meta. Bogotá:(Trabajo de grado) Universidad Militar Nueva Granada [2014, p. 1, 23] pp.
- CALDERÓN, Colea, VY; CHARCA Chura, JA y MURILLO C Yanqui. Investigación en concreto poroso. Asociación cie productores cemento. 2013.
- CASAL, Jordi y MATEU, Enric. Tipos de muestreo. s.l.: Rev. epidem. med. prev, 2003. VOL. 1.
- CASTRO, Fresno, D., RODRÍGUEZ Hernández, J., Bayón, J. R. y BALLESTER Muñoz, F. Sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS). Revista Interciencia. 2005.Vol. 30, Página Inicial: 255.

- CASTRO, J., de Sominihac, H., VIDELA, C., y FERNÁNDEZ, B. Estudio de dosificaciones en laboratorio para pavimentos porosos de hormigón, (2009).
- CASTRO, J., de Sominihac, H., VIDELA, C., y FERNÁNDEZ, B. Estudio de dosificaciones para pavimentos porosos de hormigón. Ingeniería de Construcción, 2009. 24(3): 271-284.
- CASTRO, J., de Sominihac, H., VIDELA, C., y FERNÁNDEZ, B. Estudio de dosificaciones en laboratorio para pavimentos porosos. Revista Ingeniería de Construcción, 2009.24(3), 271-284. Obtenido de: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718.
- CÉSPEDES, García, M. A. Resistencia a la compresión del concreto a partir de la velocidad de pulsos de ultrasonido. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, Piura. 2003.
- COLANDINI, V. Effets des structures-réservoirs à revêtement poreux sur les eaux pluviales: qualité des eaux et devenir des métaux lourds. University of Pau, France.1997.
- COMITÉ, Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón, Armado y Hormigón Pretensado. NTP 339.183. Lima: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI. 2003.
- DE MAN, Van den Berg, Leenen, Schijven, Schets, Van der Vliet, ... Roda Husman. Quantitative assessment of infection risk from exposure to waterborne pathogens in urban floodwater. Water Research. 2013.
- DISEÑO, de un concreto permeable para la recuperación de agua, por CRUZ, Palafoz [et al.]. pervious concrete. México DF. 2014.
- DEL VALLE, J. El cambio climático: Reflexiones tras la cumbre de Varsovia. Polonia. 2014.
- ECOCRETO, Aclaraciones sobre el pavimento ecológico construido con ecocreto. Retrieved from. Disponible en <http://www.ecologiaenconcreto.com.mx/aclaraciones.pdf>. 2010.

- FERNÁNDEZ, F. "Impactos del cambio climático en áreas urbanas y rurales". Boletín de la Institución Libre de Enseñanza, Madrid. 2007. pp. 66-67.
- GARCÍA, Haba, E. Control de escorrentías urbanas mediante pavimentos permeables: aplicación en climas mediterráneos. (Fin de Master). Universidad Politécnica de Valencia. 2011.
- GÓMEZ, González, G., RODRÍGUEZ Benavides, A. y TORRES, A. Durabilidad de las capacidades filtrantes de la capa de rodadura de un pavimento poroso rígido. (p. 11 p). Presented at the XXIV Congreso Latinoamericano de Hidráulica. 2010.
- HERMES, Andrés Torres Ospina. Valoración de propiedades mecánicas y de durabilidad de concreto. Bogotá: s.n., 2014. tesis de maestria.2014
- HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. México: interamericana de editores, 2014. 978-1-4562-2396-0
- HIDROCRETO, Sistemas para infiltrar o recuperar el agua pluvial por medio de pisos y pavimentos porosos. Concreto Permeable Ecológico. Retrieved from <http://www.concretopermeable.com/fichatecnicahidrocreto.pdf>. 2012.
- INVESTIGACIÓN, desarrollo e innovación de estructuras y materiales nov. 2013: 1, 19. Fernández Arrieta, RJ; Navas Carro, A. 2011. Diseño de mezclas para evaluar su Resistencia a la compresión uniaxial y su permeabilidad. Infraestructura vial 13(24): 40-49.
- MENESES, Ospina, Catalina; Bravo Erazo, César. Universidad de Medellín. Resistencia Mecánica y Condiciones de Obra del Concreto Poroso en los Pavimentos según el Tipo de Granulometría. 2007.
- MULLIGAN, A. M. Attainable Compressive Strength of Pervious Concrete Paving Systems. A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in the Department of Civil

Engineering in the College of Engineering at the University of Central Florida Orlando, Florida. 2005.

NEITHALATH, N., Weiss, J., & Olek, J. Predicting the Permeability of Pervious Concrete (Enhanced Porosity Concrete) from Non-Destructive Electrical Measurements.2006.

NTP 339.034. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Lima: S.N., 2008.

NTP 334 005. Norma técnica peruana. Lima: S.N., 2010.

PASQUEL, Carbajal, E. Tópicos de tecnología del concreto en el Perú. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú Consejo Nacional.1993.

PÉREZ, Ramos, D. Estudio experimental de concretos permeables con agregados anéscicos. Tesis Mag. en Ing., - México, UNÁM. 2009.

PERVIOUS, concrete, ACI 522R Report, ACI International.

RMVA, López Enrique. Naturaleza y materiales del concreto. Lima: S.N., 2000

SOLMINIHAC, L., Videla, C., FERNÁNDEZ, B., y CASTRO, J. Desarrollo de mezclas de hormigón poroso para pavimentos urbanos permeables. Materiales de Construcción (Vol. 57). 2007.

SUBRAMANIAM, N. Concreto permeable- un material ecológico que contribuye al ahorro de los recursos hídricos frente a la escases de agua. Asociación de productores de cemento jul. 2009: 1, 18.

TENNIS, P. D., Leming, M. L. y AKERS, a. D. Pervious Concrete Pavements. EEUU: Portland Cement Association.2004.

TENNIS, P., Leming, L., y AKERS, D. Pervious Concrete Pavements, EB302.02, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, and National Ready Mixed Concrete Association, Silver Spring, Maryland, USA, 2004, 36 pág.

TENNIS, P. D., Leming, M. L., & AKERS, D. J. Pervious Concrete Pavements. Skokie, Illinois; Silver Spring, Maryland: Portland Cement Association and National Ready Mixed Concrete Association.2004.

TORRES, A. Apuntes de clase sobre Hidrología Urbana. Colombia, Ed: Editorial Pontificia Universidad Javeriana ISBN: 9586837130 v. 1 págs. 377. 2004.

Anexos

Matriz de consistencia

VARIABLE(S)	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
V.D Propiedades.	Es un concreto especial que se caracteriza por su alta porosidad que permite el paso del agua a través de su estructura (Luis torres 2010)	La variable del Concreto poroso se va medir en función de los indicadores de cada una de la dimensiones físicas y mecánicas	Física	Permeabilidad
			Mecánica	Resistencia a la compresión
V. I Estructura de Vacíos.	La infiltración de agua en el concreto poroso es un proceso complejo que depende principalmente del coeficiente de permeabilidad (yalil Felipe 2014)	La variable de Infiltración del agua a través de su superficie se va medir en función de los indicadores de cada una de las dimensiones, también de acuerdo al grosor de pavimento.	Contenido de vacíos	15% estructura de vacíos
				20% estructura de vacíos
				25% estructura de vacíos

Fuente: Elaboración propia

Matriz de Operacionalización de variables

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES
<p>¿Cómo influye la estructura de vacíos permeables en 15%, 20%, 25% en la resistencia a la Compresión para un concreto $f'c = 280 \text{Kgr/cm}^2$?</p>	<p>GENERAL Elaborar una propuesta de diseño para un Pavimento Rígido de Concreto Poroso y su relación entre la estructura de vacíos para su uso en pavimentos, sobre la resistencia a compresión del concreto de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, en donde se utilizaron porcentaje de vacíos en el concreto poroso de 15%, 20% y 25 %</p> <p>ESPECIFICOS Recolección de los agregados de la cantera "Tacllan".</p> <p>Realizar ensayos para la determinación de las propiedades y características físicas de los agregados.</p> <p>Elaborar el diseño de mezcla para un concreto de 280 kg/cm^2 para luego calcular los materiales por m^2 mediante el método COMITE 211 DEL ACI y elaboración de moldes cilíndricos de $15 \times 30 \text{ cm}$</p> <p>Evaluar la resistencia por Compresión del concreto poroso en muestras de moldes cilíndricos a los 7, 14 y 28 días. (Ensayos de rotura a Compresión con estructura de vacíos de 15%, 20%, 25%.</p>	<p>Es posible elaborar mezclas de concreto permeable $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ que puedan drenar la escorrentía superficial en vías y parqueos de pavimentos especiales ante situaciones de precipitaciones extremas, se logrará mayor resistencia a Compresión del concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>Estructura de vacíos</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>Propiedades</p>

Fuente: Elaboración propia

Figura A: Permeabilidad

Mezcla	Permeabilidad				CV/CC
	Carga constante (CC)		Carga variable (CV)		
	k_{cp} (cm/s)	k_{cp} (L/min)	k_{cp} (cm/s)	k_{cp} (L/min)	
Mínimo	1.27	761	1.80	1083	131%
Máximo	1.77	1059	2.44	1467	160%
Promedio	1.50	899	2.16	1299	146%
Desviación estándar	0.13	79.4	0.25	149	10%
Coefficiente de variación (%)	9	9	12	12	7

Figura B: compresión uniaxial.

		Procedencia	
		Río	Cantera
Resistencia	Promedio	10.5	5.30
	Mínima	3.33	4.12
	Máxima	17.8	7.16
	Desv. estándar	4.31	1.67
Permeabilidad (cm/s)	Promedio	1.50	1.49
	Mínima	1.27	1.39
	Máxima	1.77	1.63
	Desv. estándar	0.14	0.13

Fuente: Fernández y Navas (2008)

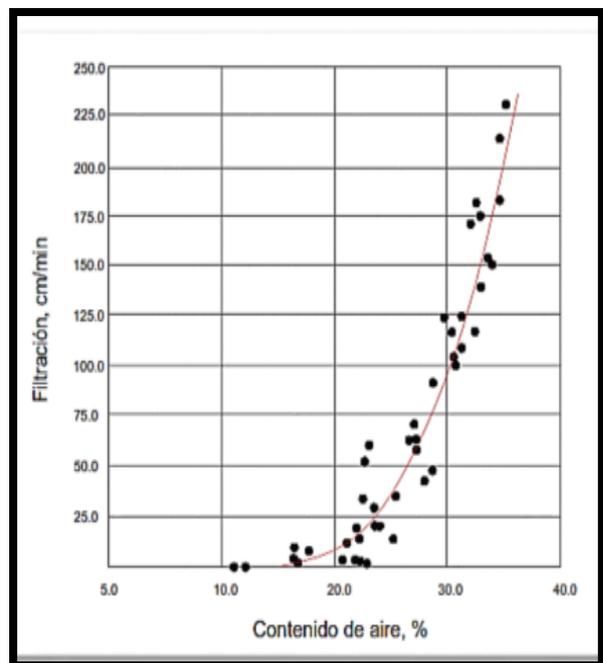
Figura C: Mezcla en estado Fresco.

Cuadro 5. Datos de cada mezcla en estado fresco

Código de mezcla	Porcentaje de vacíos	Peso unitario (kg/m ³)
A A/C1 C1	14,3 %	2001
A A/C1 C2	13,0 %	2031
A A/C2 C1	15,0 %	1975
A A/C2 C2	13,6 %	2008
A A/C3 C1	15,4 %	1954
A A/C3 C2	13,8 %	1990
B A/C1 C1	17,20%	1926
B A/C1 C2	17,0 %	1926
B A/C2 C1	17,1 %	1939
B A/C2 C2	16,8 %	1945
B A/C3 C1	16,9 %	1933
B A/C3 C2	17,1 %	1942

Fuente: Castro, Solminihac (2009).

Figura D: Permeabilidad versus porcentaje de vacíos



Fuente: Meininger (1988).

Figura E: Resistencia a la compresión.

8. Resultados resistencia a la compresión para las mezclas Tipo I.

Diseño		Edad 7 días		Edad 28 días	
Mezcla	Muestra	Ton	MPa	Ton	MPa
A	1	21.68	12.03	40.55	22.21
	2	22.42	12.44	39.40	21.86
B	3	23.98	13.49	42.39	23.52
	4	21.02	11.66	39.10	21.99
C	5	25.60	14.02	41.75	23.17
	6	23.40	12.81	40.13	22.27
D	7	23.27	12.91	42.94	24.15
	8	25.40	14.10	42.98	23.85
E	9	24.29	13.30	40.11	22.26
	10	26.45	14.68	39.73	22.05
F	11	23.60	13.27	43.07	23.90
	12	22.78	12.64	39.10	21.99
G	13	25.84	14.34	39.54	22.24
	14	21.79	11.93	42.91	23.81
Promedio		23.68	13.12	40.98	22.81
Desviación estándar		1.68	0.94	1.60	0.87
Coefficiente de variación		7.10%	7.14%	3.91%	3.81%

Fuente: Castro, Solminihac (2009).

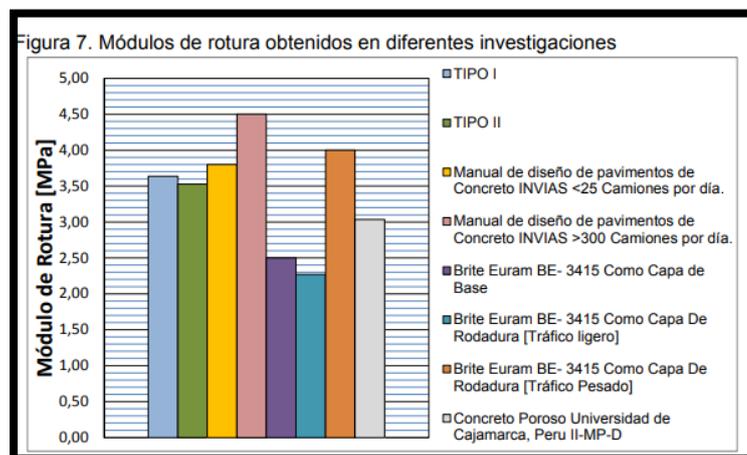
Figura F: Resistencia a la compresión mezclas

Cuadro 10. Resultados resistencia a la compresión promedio de las mezclas Tipo I y Tipo II.

Diseño	Edades			
	7 Días		28 Días	
Mezcla	Ton	MPa	Ton	MPa
TIPO I CON FINOS	23.68	13.12	40.98	22.81
TIPO II SIN FINOS	21.40	11.87	38.04	21.05

Fuente: Suriya y Mudgal (2012).

Figura G: Módulos de rotura



Fuente: Suriya y Mudgal (2012).

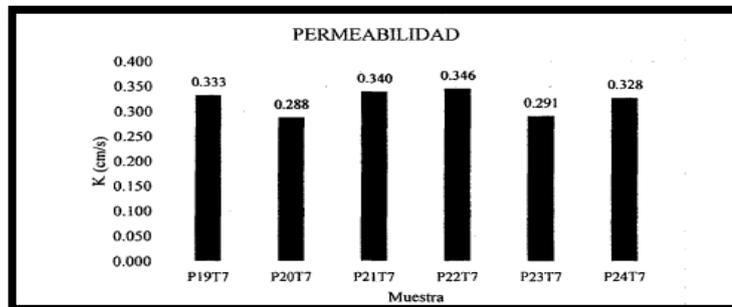
Figura H: Permeabilidad de concreto.

Tabla 14. Permeabilidad del concreto permeable a los 28 días.

E.4. Permeabilidad								
Muestra: Concreto permeable de 3/8" sin finos, 20% de vacíos								
Edad: 28 días								
Muestra	V (ml)	L (cm)	Diámetro (cm)	t (s)	H (cm)	A (cm ²)	K (cm/s)	K promedio (cm/s)
P19T7	1000	12.20	15.20	2.04	99.00	181.458	0.333	0.321
P20T7	1000	7.90	15.18	1.53	99.00	180.981	0.288	
P21T7	1000	13.20	15.20	2.16	99.00	181.458	0.340	
P22T7	1000	13.50	15.17	2.18	99.00	180.743	0.346	
P23T7	1000	8.25	15.18	1.58	99.00	180.981	0.291	
P24T7	1000	12.55	15.20	2.13	99.00	181.458	0.328	

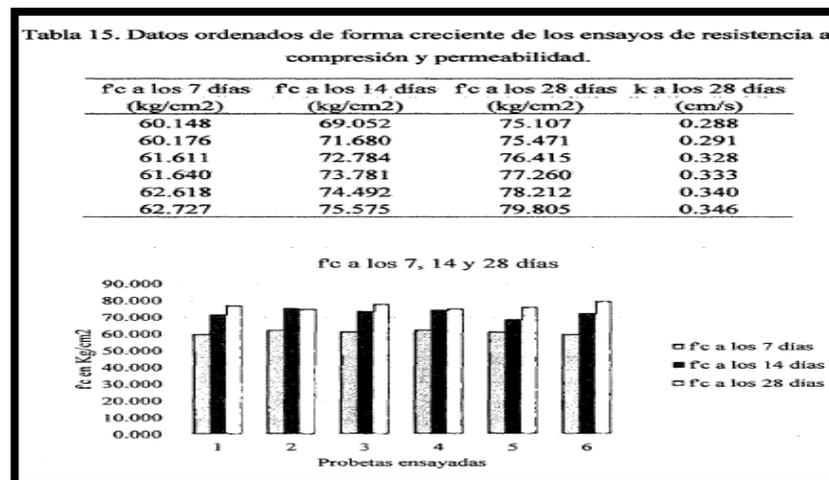
Fuente: Calderón (2013).

Figura I: Permeabilidad de concreto.



Fuente: Calderón (2013).

Figura J: Datos de compresión y permeabilidad.



Fuente: Calderón (2013).

Figura K: Mezclas con poca agua y demasiado agua, adecuada agua.

TABLA 13: Resultados obtenidos respecto a la cohesión y contenido de pasta en las mezclas, donde a) muy poca agua, b) demasiada agua, y c) adecuada cantidad de agua

	MEZCLA	Slump < 1/2"	Segregación	Cohesión
Grupo 1	K	SI	NO	c
	K'	SI	NO	c
	F	SI	SI	c
	F'	SI	SI	c
	A	SI	NO	c
	A'	SI	NO	c
Grupo 2	M	SI	NO	c
	M'	SI	NO	c
	H	SI	NO	c
	H'	SI	NO	a
	C	SI	NO	c
	C'	SI	NO	c
Grupo 3	L	SI	NO	a
	L'	SI	NO	a
	G	SI	NO	a
	G'	SI	NO	a
	B	NO	NO	a
	B'	SI	NO	a
Grupo 4	N	SI	NO	c
	N'	SI	NO	c
	I	SI	NO	c
	I'	NO	SI	b
	D	NO	SI	b
Grupo 5	O	SI	NO	b
	O'	SI	SI	b
	J	NO	SI	b
	J'	SI	SI	b
	E	NO	SI	B

Figura 12: Peso unitario y porcentajes de Vacíos.

Figura L: Peso unitario y porcentajes de Vacíos.

TABLA 16: Peso unitario y porcentaje de vacíos en estado endurecido

NOMENCLATURA	ESPECIMEN	CONTENIDO DE VACÍOS TEÓRICO (%)	DENSIDAD o PU endurecido (kg/m ³)	PROM PU endurecido (kg/m ³)	CONTENIDO DE VACÍOS (%)	PROMEDIO CONT VACÍOS (%)
K-HB-ang-15%	K1	15.00%	1794	1797	32.8%	32.4%
	K2		1787		32.5%	
	K3		1809		31.8%	
	K'1	15.00%	1866	1853	29.1%	29.7%
	K'2		1862		29.5%	
	K'3		1831		30.6%	
F-HB-ang-17%	F1	17.00%	1776	1792	33.4%	32.7%
	F2		1808		31.9%	
	F3		1793		32.7%	
	F'1	17.00%	1825	1848	31.1%	31.4%
	F'2		1876		28.6%	
	F'3		1842		30.3%	
A-HB-ang-19%	A1	19.00%	1801	1820	32.4%	31.6%
	A2		1836		30.9%	
	A3		1822		31.4%	
	A'1	19.00%	1835	1813	31.1%	31.1%
	A'2		1818		30.9%	
	A'3		1807		31.3%	
M-HB-ang-15%-ar	M1	15.00%	1872	1877	28.3%	28.2%
	M2		1876		28.3%	
	M3		1883		27.9%	
	M'1	15.00%	1907	1920	27.5%	26.9%
	M'2		1918		27.0%	
	M'3		1933		26.4%	
H-HB-ang-17%-ar	H1	17.00%	1854	1867	29.8%	29.1%
	H2		1855		29.5%	
	H3		1891		28.1%	
	H'1	17.00%	1842	1844	29.8%	29.7%
	H'2		1855		29.2%	
	H'3		1837		30.0%	
C-HB-ang-19%-ar	C1	19.00%	1827	1834	30.4%	30.2%
	C2		1834		31.1%	
	C3		1860		29.0%	
	C'1	19.00%	1818	1818	31.8%	31.6%
	C'2		1806		32.0%	
	C'3		1830		30.9%	
L-H67-ang-15%	L1	15.00%	1774	1763	34.6%	34.1%
	L2		1753		35.3%	
	L3		1832		32.4%	
	L'1	15.00%	1743	1797	35.7%	35.0%
	L'2		1778		34.2%	
	L'3		1826		30.8%	
G-H67-ang-17%	G1	17.00%	1888	1831	32.4%	32.3%
	G2		1831		32.2%	
	G3		1830		32.4%	
	G'1	17.00%	1755	1762	35.1%	34.8%
	G'2		1750		35.3%	
	G'3		1781		34.1%	
B-H67-ang-19%	B1	19.00%	1776	1779	34.3%	34.3%
	B2		1800		33.3%	
	B3		1760		35.2%	
	B'1	19.00%	1746	1767	35.4%	34.7%
	B'2		1785		34.0%	
	B'3		1770		34.6%	
N-HB-red-15%	N1	15.00%	1957	1979	25.3%	24.3%
	N2		2005		23.0%	
	N3		1975		24.6%	
	N'1	15.00%	1965	1976	25.0%	24.4%
	N'2		1987		23.7%	
	N'3		2047		21.8%	

Fuente: Aire (2013).

Figura M: Características y aspectos del concreto

<u>Características de los Agregados</u>	<u>Aspectos influidos en el concreto</u>	
	Concreto Fresco	Concreto Endurecido
Granulometría	Manejabilidad Requerimientos de agua	Resistencia mecánica Economía
Limpieza (materia orgánica, limo, arcilla y otros finos indeseables)	Requerimientos de agua	Durabilidad Resistencia mecánica
Densidad (Gravedad Específica)	Peso Unitario	Peso Unitario
Absorción y Porosidad	Pérdida de agua en la mezcla	Resistencia mecánica Permeabilidad
Forma de Partículas	Trabajabilidad Requerimiento de agua	Resistencia mecánica Economía
Textura Superficial	Trabajabilidad Requerimiento de agua	Resistencia mecánica Resistencia al desgaste Economía
Tamaño Máximo	Segregación Peso Unitario Requerimiento de agua	Resistencia mecánica Peso Unitario Permeabilidad Economía
Resistencia a la Abrasión	Ninguno	Resistencia a la abrasión Durabilidad
Coefficiente de Expansión Térmica	Ninguno	Propiedades térmicas

Fuente: Vigil (2012).

Tabla A: Requisitos que debe cumplir el agua.

SUSTANCIAS DISUELTAS	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles	1500 ppm
PH	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Fuente: abanto (2009).

Tabla B. “Norma Técnica”

NORMA	DESCRIPCION	APLICACIÓN EN LA INVESTIGACION
(NTP 400.012; 2018)	Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global	Determinar la distribución por tamaño de las partículas de agregado fino y grueso mediante tamizado para ser empleados en el diseño de la mezcla de concreto convencional y concreto poroso.
(NTP 339.185; 2013)	Método de ensayo normalizado para contenido de humedad	Es la cantidad de agua que contiene el agregado en un momento dado. Cuando dicha cantidad se exprese como porcentaje de la muestra seca (en estufa), se denomina Porcentaje de humedad, pudiendo ser mayor o menor que el porcentaje de absorción.
(NTP 400.021- 400.022; 2018)	Peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso.	Determinar el peso específico seco, el peso específico húmedo saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción de agregado grueso para ser empleados en el diseño de la mezcla de concreto convencional y concreto poroso.
(NTP 400.017;2011)	Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.	Determinar el peso unitario suelto o compactado y el cálculo de vacíos en el agregado fino, grueso o en una mezcla de ambos, basados en la misma determinación. Se aplica a agregados de tamaño máximo nominal de 3/8. Se empleará en el diseño de la mezcla de concreto convencional y concreto poroso.
(NTP 400.022- 400.022; 2018)	Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino.	Determinar el peso específico seco, el peso específico húmedo saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción de agregado fino para ser empleados en el diseño de la mezcla de concreto convencional y concreto Poroso.
(NTP 334.009; 2016)	Cemento Portland tipo I	Establece los requisitos que deben cumplir los cinco tipos de cementos Portland definidos como sigue: Tipo I: Para usos que no requieran propiedades especiales de cualquier otro tipo
(NTP 339.088; 2015)	Requisitos de calidad del agua para el concreto	Componente que se utiliza para generar las reacciones químicas en los cementantes del concreto hidráulico o del mortero de cemento Portland.

(NTP 339.034; 2008)	“Método de ensayo para determinar la resistencia a la Compresión del concreto en cilindros.	Determinar la resistencia a la compresión de concreto convencional y el concreto Poroso. Los valores obtenidos dependerán del tamaño y la forma del espécimen, dosificación, procedimientos de mezclado, los métodos de muestreo, moldeo, y fabricación y la edad, temperatura, y las condiciones de humedad durante el curado.
(NTP 339.183; 2018)	Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de hormigón en el laboratorio.	Los especímenes se desmoldaron después de 24 horas del vaciado y se les ubicó en la poza de curado llena de agua a una temperatura constante de 23 °C +/- 2°C y que contiene cal apagada en una relación de 3 gr/lit de agua. Probetas de concreto poroso.
(NTP 339.037; 2015)	Refrentado de probetas cilíndricas	El concreto permeable presenta una superficie irregular producto de la falta de finos en su composición. En consecuencia, es necesario el uso de un material que impida la ocurrencia de fallas en las muestras debido a esfuerzos por concentración de esfuerzos en las zonas irregulares.
(ACI 211.3)	Guía para la selección de concreto con poco revenimiento	APENDICE 6 “Criterios de Dosificación para Concreto Permeable” Esta guía proporciona un método para la dosificación de Slump Concreto permeable que se utiliza para pavimentos y otras aplicaciones.
(ACI 522.1; 2013)	American Concrete Institute. Farmington Hills, Mich.	Especificación para pavimento de hormigón permeable.
(ASTM C 1688 / 1688M)	Método de Ensayo Estándar para la Determinación del Contenido de Vacíos y Densidad de la Mezcla de Concreto Permeable en Estado Fresco.	Este método de prueba cubre la determinación de la densidad del concreto permeable recién mezclado y proporciona fórmulas para calcular el contenido de huecos del concreto permeable.
(ASTM C 494 / 494M) (NTP 339.088; 2015)	Especificación Estándar para Aditivos Químicos para Concreto	Esta especificación trata sobre materiales para ser utilizados como aditivos químicos a ser agregados a mezclas para concreto. Tipo A—Aditivos reductores de agua.
(ASTM C 1701 / C1701M-09)	Método de prueba estándar de infiltración	Este método de prueba cubre la determinación de la tasa de infiltración de agua en el campo de concreto permeable en el lugar. Esta norma no pretende abordar todos los problemas de seguridad, si los hay, asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas adecuadas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso.
(ACI 522 -R)	Previous concrete	CAPITULO 1 “Introducción” CAPITULO 2 “Aplicaciones” CAPITULO 3 “Materiales” CAPITULO 4 “Propiedades” CAPITULO 5 “Criterios para la Mezcla” CAPITULO 6 “Diseño de Pavimento” CAPITULO 7 “Instalación de Pavimento” CAPITULO 8 “Control de Calidad y Mantenimiento” CAPITULO 9 “Pruebas” CAPITULOS 10 “Limitantes” CAPITULO 11 “Referencias”

Fuente: El Autor.

Tabla C. Consistencia.

Sumamente Seco	--
Muy Seco	< 2 mm
Seco	0'' – 1''
Plástico Seco	1'' – 3''
Plástica	3'' – 5''
Muy Plástica	5'' – 7 1/2''
Sumamente Seco	--

Fuente: Norma ACI 211.3R-02.

Tabla D. Tamaño máximo de agregado.

Huso granulométrico	Tamaño del agregado	
	TMN	
	(Máx.)	(Mín.)
67	3/4''	4
7	1/2''	16
8	3/8''	8
89	3/8	16

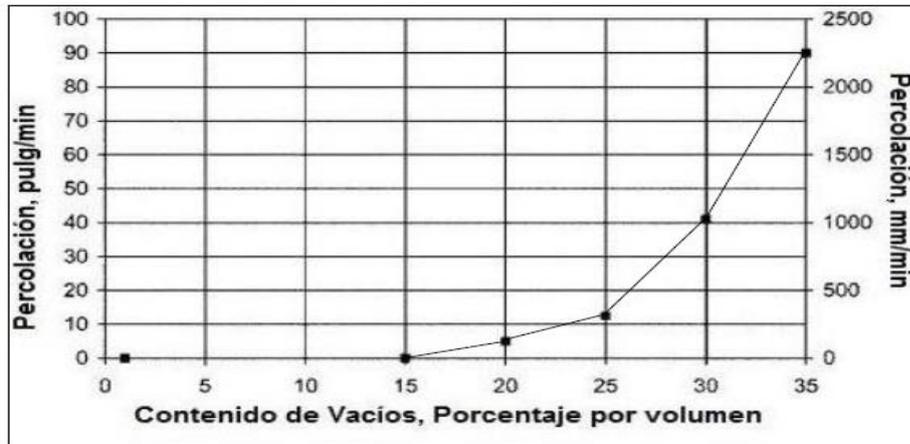
Fuente: Norma ACI 211.3R-02, ASTM C33.

Tabla E. Peso volumétrico seco compactado del agregado grueso b/b0.

% Agregado fino	b/b0	
	No 8 3/8 ''	No 67 3/4 ''
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

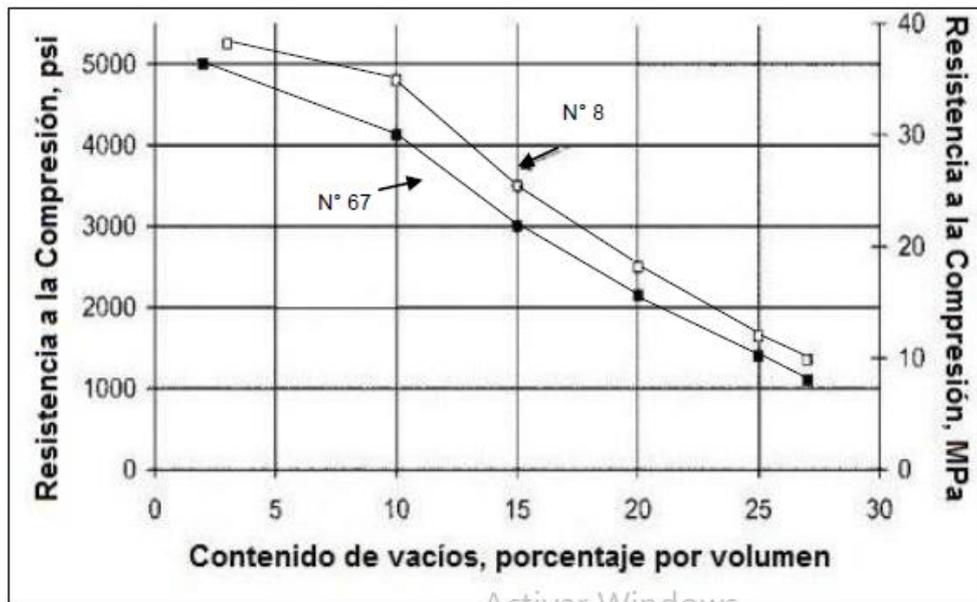
Fuente: Norma ACI 211.3R-02, Apéndice 6, tabla A6.1.

Gráfica A. Contenido de vacíos versus Percolación del concreto permeable.



Fuente: ACI 211.3R-02, Apéndice 6, pruebas y métodos de ensayo de la NAA – MRMCA.

Gráfica B. Contenido de vacíos versus Resistencia a compresión del concreto permeable.



Fuente: ACI 211.3R-02, Apéndice 6, basada en pruebas y métodos de ensayo de la NAA – MRMCA.

Problemática del terminal terrestre de Chavín de Huantar.

Encharcamiento del agua pluvial



Encharcamiento del agua pluvial en parqueos del terminal

Principal problema.



Principal problema del terminal

Encharcamiento de agua en el parqueo de los buses del terminal.



Encharcamiento de agua en el parqueo de los buses del terminal

Encharcamiento de agua en la caseta del guardián



Encharcamiento de agua en la caseta del guardián

FUNDAMENTO TEÓRICO CONCRETO POROSO

Definición concreto.

ACI- 522R-10 (2006), Manifiesta que el concreto poroso es un material compuesto por cemento Portland, agregado grueso, poco o nada de agregado fino, aditivos y agua. Estos ingredientes permiten obtener un material resistente con poros interconectados de aberturas entre 2 y 8 mm que permiten que el agua infiltre fácilmente. El contenido de vacíos que permite que el agua fluya está en el rango de 15 y 35% con una resistencia a la compresión típica de 28 a 280 kg/cm². La permeabilidad se encuentra aproximadamente entre 81 y 730 L/min/m² y depende del tamaño de los agregados y la densidad de la mezcla.

Navas y Fernández (2011), Sostiene que el concreto poroso a diferencia del concreto convencional es fabricado con base de agregado grueso, cemento, agua y aditivos y en algunos casos la mezcla es realizada con poca cantidad de arena, este tipo de mezcla una vez es fundido drena con rapidez por la gran cantidad de poros y/o vacíos que se conectan formando vías de escape para líquidos como el agua; por otro lado se encuentra el porcentaje de vacíos típico utilizado grava de 3/8 pul que es del 15% al 20% mientras que el porcentaje de vacíos típico utilizando rocas de 1/2 pul es de 30 a 40 %.

Características del concreto poroso.

Cemento portland

Cemento Portland conforme a las Normas ASTM C 150, C 595 o C 1157 se utiliza como el aglutinante principal. En nuestro país se usa el Cemento Portland conforme a ASTM C 1157 Tipo HE es un cemento hidráulico por desempeño, el cual posee la misma composición química del cemento Tipo I, pero con la adición de puzolana y filler en proporciones específicas en la molienda final. Este cemento alcanza resistencias mayores a los 294 kg/cm² (4200 psi) a los 28 días, por lo que es recomendado para la fabricación de concretos estructurales para pavimentos.

Agregado.

Tennis (2004), Sostiene que los agregados son la mayor parte del volumen del concreto poroso y los responsables de resistir las cargas aplicadas. La granulometría de los agregados cambia con respecto a la del concreto

convencional, respecto a la eliminación de las partículas más finas. Los límites permisibles de abrasión están especificados en la norma ASTM C33.

Los ejemplos de granulometría para concreto poroso están especificadas en la norma ASTM C 33 No. 67 “Distribución granulométrica entre el rango de 19.0 mm hasta 4.75 mm”, o ASTM C 33 No. 8 “Distribución granulométrica entre el rango de 9.5 mm hasta 2.36 mm”, o ASTM C 33 No. 89 “Distribución granulométrica entre el rango de 9.5 mm hasta 1.18 mm”.

Conocer las características de los agregados a utilizar en la mezcla de concreto permeable, nos permitirá conocer la influencia que tendrán ya sea en estado

Agua

Tennis (2004), Manifiesta que en una relación agua cemento dentro del rango de 0.27 a 0.34 es común para la fabricación de concreto poroso. El control de la relación agua-cemento en las mezclas para concreto poroso no garantiza del todo un concreto más resistente como en el caso de los concretos convencionales.

Requisitos que debe cumplir el agua

Abanto (2009), manifiesta que el agua a emplearse en la preparación del concreto deberá ser limpia u estará libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto o al acero.

Mezcla con poca cantidad de agua



Fuente: TENNIS (2009)

Mezcla con adecuada cantidad de agua



Fuente: TENNIS (2009)

Mezcla con excesiva cantidad de agua.



Fuente: TENNIS (2009)

Aditivos

Aditivos modificadores de reología.

Vigil (2012), señala que el aditivo toxement cuenta con dos aditivos, Eucon ABS y Viscrol, que son modificadores de viscosidad, hacen el concreto poroso más manejable, dándole a la pasta de cemento más cuerpo y lubrican las partículas, mientras ayudan a la pasta a permanecer adherida a los agregados.

Aditivos de control de hidratación.

Curí (2018), manifiesta que El Concreto Poroso tiene un bajo contenido de agua y una alta estructura de vacíos. Estos factores ambientan las condiciones para tener más acceso a la pasta de cemento y algunas veces las partículas de cemento tienden a hidratarse muy rápido, acortando el tiempo de colocación. Los aditivos de TOXEMENT como la línea de EUCO ESTABILIZADORES, disminuyen este efecto dramáticamente, extendiendo el tiempo de manejabilidad aún en climas severos.

Propiedades del concreto

Guisado y Curí (2017), Señala que las propiedades del concreto permeable dependen principalmente de su porosidad (contenido de vacíos), contenido cementante, relación a/c, nivel de compactación y de la gradación y calidad del agregado. Para medir las propiedades del concreto permeable se pueden utilizar los métodos de ensayos publicados por el subcomité C09.49 de la ASTM específicamente para este tipo de concreto. Se debe tener precaución al momento de aplicar ensayos al concreto permeable que son usados en el concreto convencional.

Propiedades del concreto en fresco

Trabajabilidad

Guisado & Curi (2017), manifiesta que de acuerdo al comité ACI 309R, la Trabajabilidad es aquella propiedad del mortero o del concreto recién mezclado que determina la facilidad y homogeneidad con que puede ser mezclado, transportado, colocado, compactado y acabado.

Densidad.

Pérez (2009), Manifiesta que la densidad del concreto poroso depende de las propiedades y las proporciones de los materiales utilizados, especialmente de los agregados, y en los procedimientos de compactación implementados en la colocación. Las densidades típicas del concreto permeable oscilan entre 100 lb/p3 a 125 lb/p3 15 (1 600 kg/m3 a 2 000 kg/m3), las cuales se encuentran en el rango superior de los concretos livianos.

Durabilidad.

Flores (2015), Sostiene que la durabilidad del concreto poroso se refiere a la vida útil bajo las condiciones ambientales dadas. Los efectos físicos que influyen negativamente en la durabilidad del concreto incluyen la exposición a temperaturas extremas y los productos químicos, tales como sulfatos y ácidos No se han realizado investigaciones sobre la resistencia de concreto permeable al ataque agresivo por los sulfatos o agua ácida.

Porosidad.

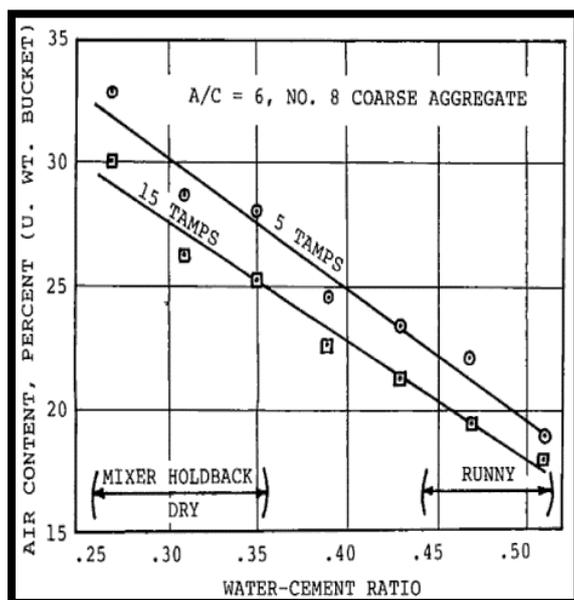
Pérez (2009), Señala que una de las características más importantes del concreto poroso es su capacidad para filtrar el agua a través de la matriz. El coeficiente de permeabilidad del concreto permeable normalmente se encuentra en el rango de 0.2 a 0.54 cm/s.

Propiedades del concreto endurecido

Relación agua - cemento

Guevara (2011), Manifiesta que en el concreto poroso la dosis de agua utilizada tiene una gran repercusión en las propiedades de la mezcla. Utilizando una cantidad insuficiente de agua dará como resultado una mezcla sin consistencia y con una baja resistencia. Una cantidad excesiva de agua, generará una pasta que sellará los vacíos de la mezcla y que, además, lavará el cemento dejando expuesto al agregado, produciendo una baja resistencia al desgaste superficial.

Tabla F: Relación entre el contenido de vacíos y la relación w/c



Fuente: Meininger (1988)

Compactación

Flores (2010), indica que el grado de compactación puede tener efectos considerables sobre la calidad del concreto permeable. Un mayor grado de compactación se produce cuando el concreto alcanza su mayor nivel de resistencia.

Pérez (2009), en su investigación aplico tres métodos de compactación hasta llegar obtener el más aproximado al método utilizado con rodillo pesado, estos métodos fueron: Compactación con varilla a 25 golpes en dos capas, compactado con pisón a 15 golpes en dos capas y compactado con martillo compactador por 30 segundos. De los cuales obtuvo mejor resultado con el martillo compactador.

Curado

Pérez (2009), Manifiesta que la estructura porosa del concreto permeable hace que el curado sea particularmente importante, ya que el secado puede ocurrir más rápidamente. Un proceso erróneo de curado en los primeros 7 días puede reducir la durabilidad de la superficie en un 60%. El proceso de curado debe comenzar inmediatamente después de compactar el concreto permeable.

Contenido de vacíos y densidad

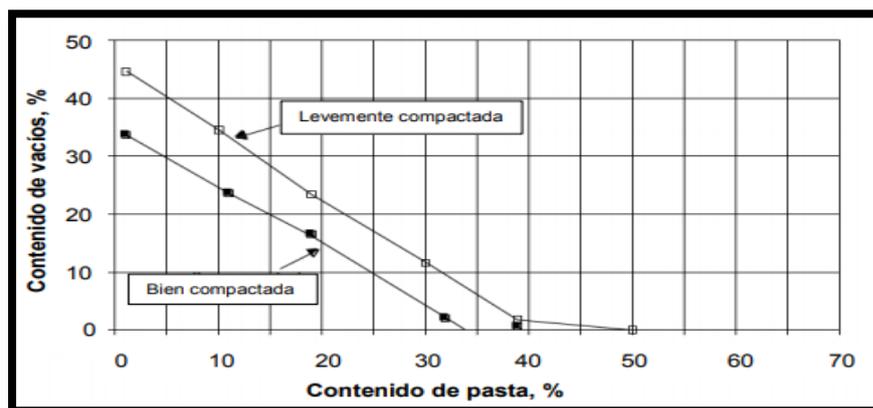
Guisado y Curi (2015), indica que la densidad y el contenido de vacíos en estado endurecido se determina mediante ensayos estandarizados y utilizando formulas dadas en el ASTM 1754.

El espécimen a ensayar deberá ser una mezcla de concreto permeable en estado endurecido con forma cilíndrica de diámetro nominal de 4 pulgadas. Se determinará la altura promedio, L, del espécimen usando el pie de rey.

Este método permite dos opciones de secado: utilizando una baja temperatura de secado para determinar la masa constante del espécimen de concreto permeable, el cual puede tardar una semana o más (Método de Secado A) y utilizando una alta temperatura de secado, en el cual la masa constante se puede obtener mucho más rápido (Método de Secado B).

Finalmente, se sumerge completamente el espécimen en el balde con agua y se deja reposar por 30 ± 5 minutos. Teniendo el espécimen sumergido, golpearlo 10 veces con el mazo de goma. Rotar ligeramente el espécimen para que cada golpe sea equitativo alrededor de la circunferencia del espécimen.

Grafica C: Relación entre el porcentaje de vacíos y el contenido de pasta para tamaños de agregado N° 8.



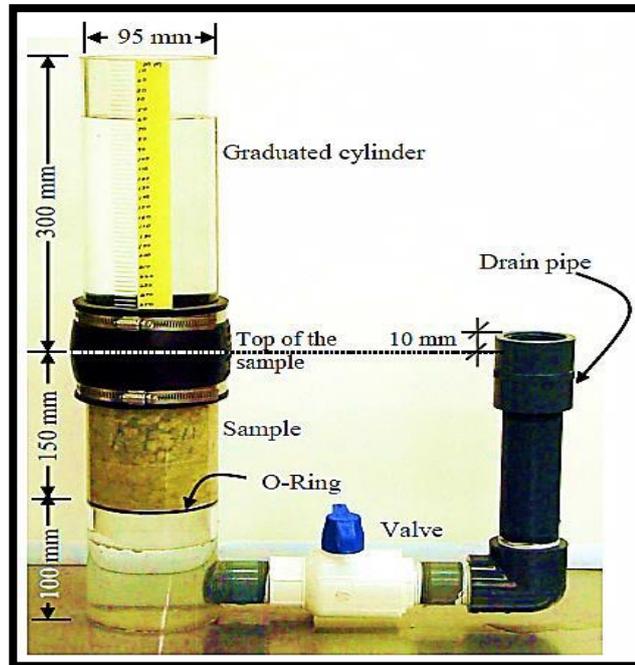
Fuente: ACI 522R

Tasa de filtración.

Torres (2010), manifiesta que una de las características más importantes del concreto poroso es su capacidad para filtrar agua, la tasa de filtración del concreto permeable se relaciona directamente con el contenido de vacío de aire. El reto en el concreto permeable

es lograr un equilibrio en la mezcla de dosificación entre una tasa de filtración aceptable y una resistencia a la compresión aceptable.

Figura N: Prueba de filtración



Fuente: Torres (2010).

Calor de hidratación del cemento

Puertas & Vázquez (2001), Señala que la hidratación puede ser analizada como la suma de todas las reacciones de los compuestos individuales del cemento, interactuando simultáneamente. A continuación, se muestran en detalle, a través de un gráfico, las cuatro etapas del proceso de hidratación del cemento.

La acción del supe plastificante, compuesto químico poli condensado de naftaleno y formaldehido, retrasa las reacciones de hidratación del cemento. Ello genera un calor excedido y prolongado debido a que la adición del aditivo adsorbe en los granos de cemento formando una especie de “piel” alrededor de dichos granos impidiendo el acceso de las moléculas de agua a las partículas de cemento. Por tanto, se mantiene por mayor tiempo la primera etapa de la hidratación por lo que significa mayor tiempo de calor de hidratación.

Tamaño de Poros.

Neithalath (2004), Sostiene que el tamaño o rango de tamaños de poros en el concreto permeable es también un factor importante que influye en sus propiedades. La influencia del tamaño de los poros para permeabilidad del agua y la absorción acústica ha sido documentada.

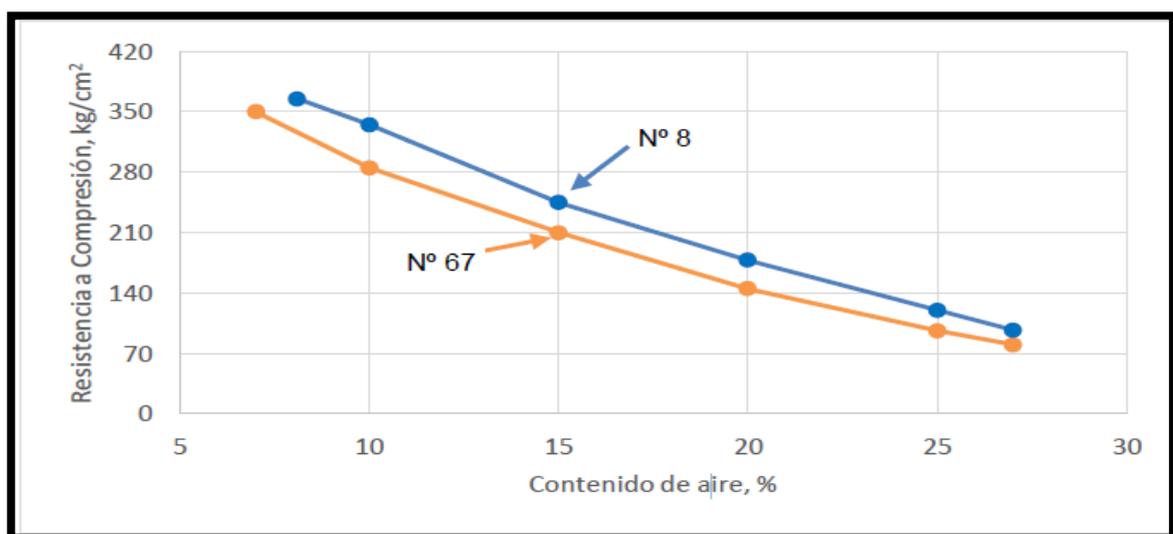
Mantenimiento.

Solano (2003), señala que la mayoría de los pavimentos hechos en concreto permeable funcionan muy bien con poco o ningún mantenimiento. Correctamente instalado y mantenido, el concreto permeable puede durar décadas. Su mantenimiento consiste, primeramente, en eliminar o prevenir cualquier sustancia que pueda tapar sus vacíos, tales como suelo, rocas, hojas y otras materias que se infiltran en el pavimento y que no permiten que el agua fluya libremente a través de ellos, provocando que su función primordial decrezca. Además, se debe hacer una apropiada instalación de la base, la cual debe estar libre de material orgánico, raíces y tener una compactación del 94% o más.

Resistencia a la compresión

Benites (2013), Manifiesta que las mezclas de concreto permeable pueden desarrollar resistencias a la Compresión en el intervalo de 500 a 4 000 lb/pulg² (3,5 MPa a 28 MPa), que es adecuado para una amplia gama de aplicaciones. Los valores típicos son alrededor de 2 500 libras por pulgada cuadrada (17 MPa). Al igual que con cualquier concreto convencional, las propiedades y las proporciones de materiales utilizados, así como las técnicas de colocación y las condiciones ambientales, influirán directamente en la resistencia obtenida en el lugar de aplicación. Las extracciones de muestras de concreto permeable ya fundido es la medida más representativa de la resistencia a compresión del concreto permeable, pues la compactación realizada en campo y la compactación realizada en una muestra cilíndrica puede diferir e incidir en la resistencia Significativamente.

Figura O: Esfuerzo de compresión vs Contenido de Vacíos



Fuente: MEININGER

Resistencia a la flexión NTP 339.078

La resistencia a tracción por flexión o Modulo de Ruptura mide la resistencia a tracción del concreto generado por flexión.

Crouch (2006), Investigó que la relación entre la resistencia a tracción por flexión f_r y la resistencia a la compresión f'_c puede darse por la relación planteada por Ahmad y Shah (1985) para concreto premezclado representada en la Ec. 1.

$$f_r = 0.083 \times f'_c^{2/3} \text{ (unidades SI) Ec. (1)}$$

La norma para medir la resistencia a tracción por flexión es la ASTM C 78. Esta se basa en el ensayo de una viga simplemente apoyada y cargada a los tercios.

Resistencia a flexión y tracción

Solano (2003), Sostiene que la resistencia a la flexión es una característica mecánica que tiene gran importancia, principalmente, en estructuras de pavimentos en donde se dan esfuerzos de tracción producto de la flexión de las placas al pasar los vehículos.

Cabe destacar que el concreto tiene muy baja resistencia a la tracción, sin embargo, esta propiedad tiene gran importancia al tomar en cuenta el agrietamiento del concreto por la restricción de la contracción debido al secado o por la disminución de la temperatura.

Procedimiento de proporcionamiento

Pérez (2009), Sostiene que el procedimiento de proporcionamiento para concreto permeable está basado en el Volumen de pasta necesario para mantener unidas las partículas de agregado, La cantidad de agregado depende del peso unitario seco compactado Una vez que se determina el volumen de pasta se selecciona la relación a/e , se determinan los pesos del agua y el cemento por metro cúbico de acuerdo con las siguientes relaciones.

Resistencia a la congelación y deshielo

Panarese & Tanesi, (2004), Se desea que el concreto permeable empleado en pavimentos cumpla con su vida útil y necesite poco mantenimiento. La durabilidad que presente el concreto permeable debería permitirle resistir las condiciones y sollicitaciones tomadas en cuenta al momento de diseñarlos. La influencia de los ciclos de hielo y deshielo mientras el concreto esté saturado, es principalmente el agente más destructivo.

Cuando el agua se congela, se expande en aproximadamente un 9%. El crecimiento de cristales de hielo expandidos desplaza el agua. Si los micro poros en la pasta están saturados

o casi saturados durante el proceso de congelación, entonces la presión hidrostática se acumula cuando la congelación progresa

Resistencia a los sulfatos.

Kosmatka (2004), Muchos sulfatos presentes en el suelo y en el agua pueden atacar y destruir un concreto permeable o convencional que no fue adecuadamente diseñado. Los sulfatos (por ejemplo, sulfato de calcio, sulfato de sodio y sulfato de magnesio) pueden atacar un concreto pues éstos reaccionan con los compuestos hidratados en la pasta de cemento. Estas reacciones pueden crear presiones suficientes para romper la pasta del cemento, resultando en desintegración del concreto (pérdida de cohesión de la pasta y de resistencia). El sulfato de sodio reacciona con el hidróxido de calcio y aluminato de calcio hidratado, formando etringita y yeso, yeso y también brucita (hidróxido de magnesio). La brucita se forma en primer lugar en la superficie del cemento, consume el hidróxido de calcio, baja el pH en la solución de los poros y entonces descompone el silicato de calcio hidratado.

Resistencia a la abrasión.

Pérez (2009), sustenta que el tipo de agregado y el acabado realizado en la superficie del concreto permeable tienen gran influencia. Los agregados duros presentan mayor resistencia a la abrasión que los agregados blandos y una superficie con una terminación alisada presenta mejor comportamiento que otra que cuyo acabado es irregular. En general en los pavimentos de concreto permeable que han sido puestos en servicio, a las pocas semanas, éstos tendrán menor cantidad de agregados sobre su superficie, debido a que estas partículas son desprendidas de la superficie y desalojadas por el tráfico. Después de pocas semanas, la desintegración de la superficie disminuye considerablemente, permaneciendo la superficie del pavimento más estable. Una compactación y técnicas de curado adecuadas pueden reducir la ocurrencia de la desintegración de la superficie.

Estacionamientos vehiculares.

Marvin (2010), Señala que el pavimento de concreto permeable en estacionamientos vehiculares también ha sido seleccionado en otros países como una solución integral al problema de pavimentos que generan calor y que serviría para una Programa de Comunidades Frescas. La temperatura del aire sobre la superficie del pavimento de concreto permeable del estacionamiento es más fresca que la de un pavimento asfáltico. Además, está considerado como no contaminante al medio ambiente. El rango práctico del diseño de

espesor para pavimentos de concreto permeable es de 12.5 a 30 cm (5 a 12 pulgadas) para estacionamientos vehiculares en una superficie plana.

ESTRUCTURA DE VACÍOS.

Relación de vacíos.

Solano (2003), sostiene que el concreto poroso contiene entre un 15 a un 25% de vacíos, que se originan debido a la ausencia de finos en la mezcla. Estos hacen que el agua de lluvia se infiltre en la estructura del pavimento, almacenándose y drenándose con facilidad hacia la sub-base. El contenido de vacíos es proporcional al diseño de mezcla y a la energía de compactación que se utiliza cuando el pavimento es construido. También existe una correlación entre el porcentaje de vacíos y la resistencia a la compresión, puesto que, si la relación de vacíos aumenta la resistencia, la compresión decrece. Además, la permeabilidad del concreto permeable disminuye al reducir el porcentaje de vacíos en la mezcla. Por lo tanto, esta relación es de gran importancia al querer obtener un balance entre permeabilidad y resistencia.

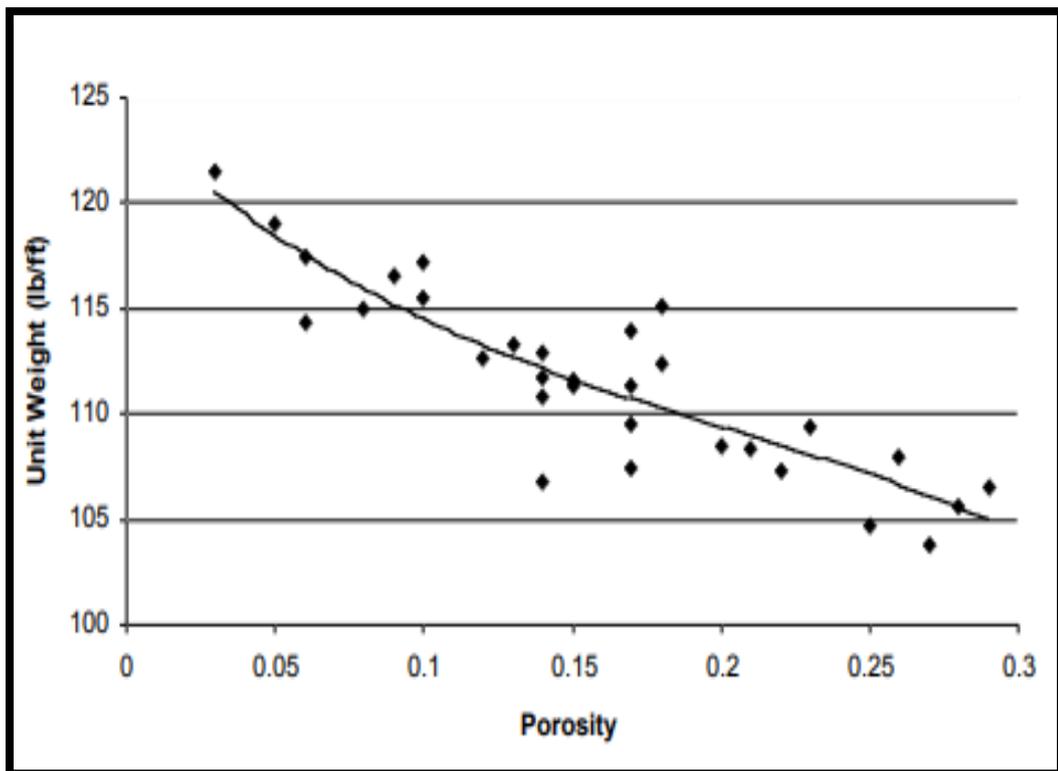
Pérez (2007), Sostiene que el agregado grueso que suele ser de un mismo tamaño, debe ser tal, que sus puntos de contacto estén siempre juntos por la pasta que conforman el cemento y el agua, resultando así un concreto con altos porcentajes de vacíos, los cuales están en el rango de un 15 a un 35%, que si funcionan de una manera correcta permiten la rápida percolación del agua dentro del concreto.

Guillen (2005), Manifiesta que en el concreto permeable pueden pasar de 122 a 204 litros de agua por minuto por metro cuadrado de superficie.

Pérez (2007), Sostiene que el agregado grueso que suele ser de un mismo tamaño, debe ser tal, que sus puntos de contacto estén siempre juntos por la pasta que conforman el cemento y el agua, resultando así un concreto con altos porcentajes de vacíos, los cuales están en el rango de un 15 a un 35%, que si funcionan de una manera correcta permiten la rápida percolación del agua dentro del concreto.

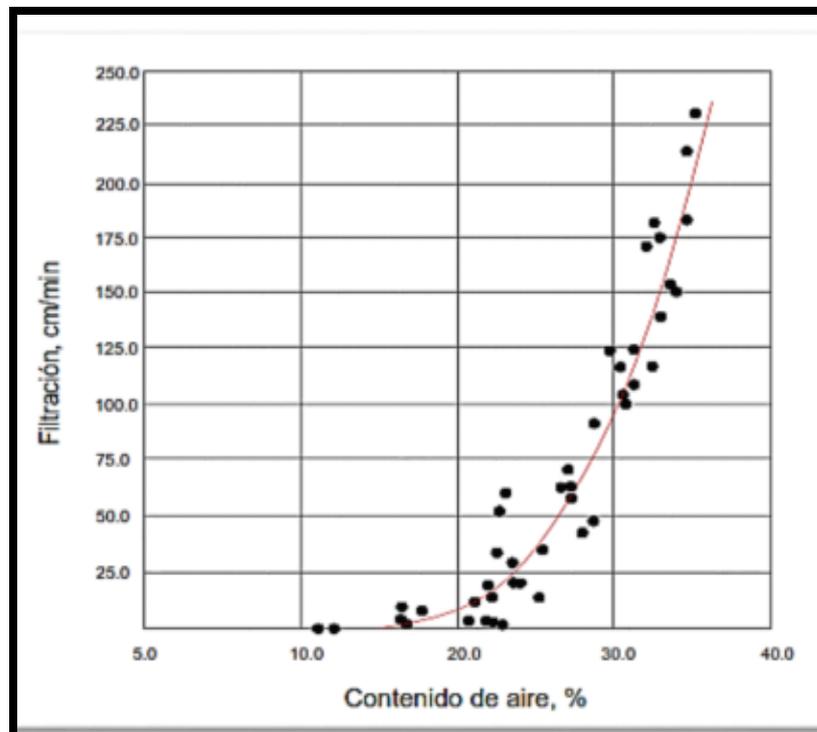
Guillen (2005), Manifiesta que en el concreto permeable pueden pasar de 122 a 204 litros de agua por minuto por metro cuadrado de superficie.

Figura P: Peso Unitario VS Porosidad



Fuente: Meininger (1988)

Figura Q: Relación entre el grado de infiltración y el contenido de vacíos



Fuente: Meininger (1988)

Consideraciones para el diseño hidrológico

Solano (2004), El diseño del pavimento en concreto poroso debe considerar muchos factores. Las tres consideraciones primarias son la cantidad de tormenta esperada, las características del pavimento y las propiedades del suelo donde va a reposar la estructura. Primeramente, se deben estudiar las condiciones hidrológicas que el pavimento debe tener. La cantidad de agua de escorrentía es menor que el total de agua de tormenta porque una porción de la lluvia es capturada en pequeñas depresiones en el suelo (almacenamiento depresión), alguna se infiltra en el suelo y alguna se queda en la superficie del suelo.

Solano (2004), El agua de escorrentía es una función de las propiedades del suelo, particularmente de la relación de infiltración: arenas y suelos secos pueden tomar el agua rápidamente, mientras que las arcillas no absorben virtualmente el agua durante el tiempo que se necesita para mitigar el efecto de agua de escorrentía. El agua de escorrentía también puede ser afectada por la naturaleza de la tormenta.

Sistemas de infiltración total.

Solano (2004), Sostiene que Cuando la capacidad de infiltración del terreno es lo suficientemente grande, se puede diseñar el pavimento permeable para que el agua infiltre en su totalidad hacia el mismo. Por lo tanto, el reservorio de piedras debe ser lo suficientemente grande para almacenar el volumen de agua pluvial, menos el volumen de agua que es infiltrado durante esa lluvia. De ese modo el sistema provee el control total para todos los eventos de lluvia de magnitud inferior o igual a la lluvia de diseño.

Permeabilidad.

Trujillo (2002), En general, la permeabilidad del concreto no es un criterio crítico de diseño. Diseñadores aseguran que la permeabilidad debe ser la suficiente para acomodar toda la lluvia que cae sobre la superficie del concreto permeable. Un sistema de pavimento permeable de moderada porosidad puede tener valores típicos de 143 L/m²/min, el cual es equivalente a una razón de infiltración de 6,077 cm/s (8600 mm/hora) de 100 veces la infiltración que las arenas saturadas. Sin embargo, la razón de flujo a través de la subrasante puede ser más restrictiva.

Capacidad de almacenamiento

Trujillo (2002), Sostiene que la capacidad de almacenamiento de un sistema en concreto permeable típicamente es diseñada para específicos eventos de tormenta, los cuales son

dictados por diferentes requerimientos locales. El total de volumen de lluvia es importante, pero la razón de infiltración del suelo debe ser considerada.

Trujillo (2002), Qué porción del concreto permeable puede ser llenado con lluvia. Si el concreto permeable tiene 15% de porosidad efectiva, entonces cada 25 mm de profundidad del pavimento puede sostener 4 mm de lluvia.

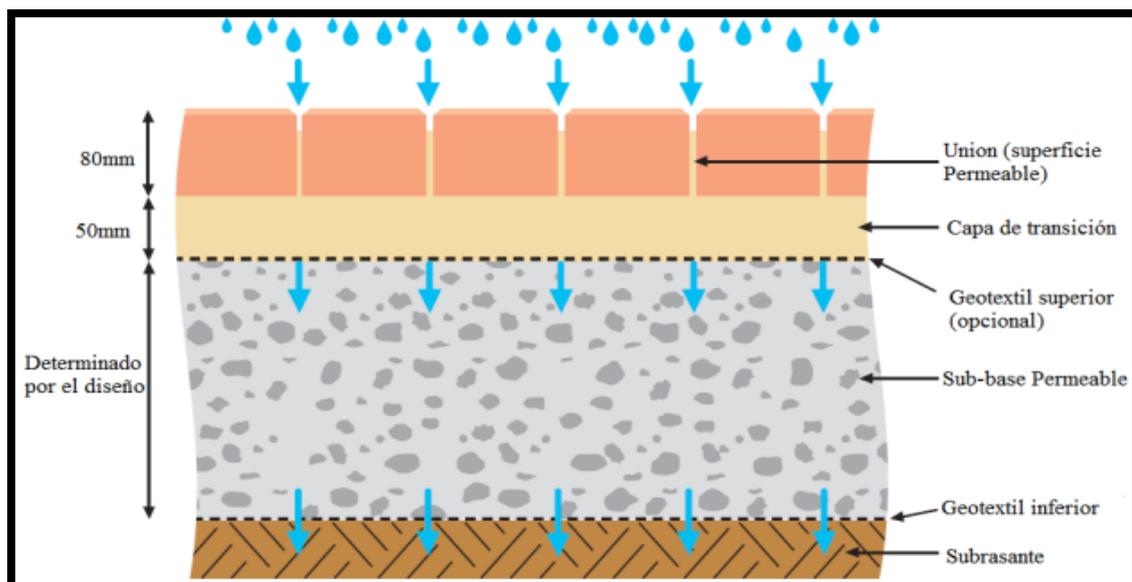
Otra importante fuente de almacenamiento es la sub-base. Piedra limpia compactada usada como una sub-base tiene una porosidad de diseño de 40%, un agregado convencional con un alto contenido de finos puede tener una baja porosidad.

Suelos para sub base y sub rasante

Malcolm (2003), Sostiene que la infiltración dentro de la subrasante es importante tanto para sistemas pasivos y activos. Estimar la razón de infiltración para propósitos de diseño es impreciso, y el proceso actual de infiltración del suelo es complejo, Como una regla general, suelos con una razón de percolación de 12 mm/hr son apropiados para subrasantes. Suelos arcillosos y otras capas impermeables pueden obstaculizar la función del pavimento permeable y debe ser modificado para que tenga una apropiada retención y percolación de la precipitación.

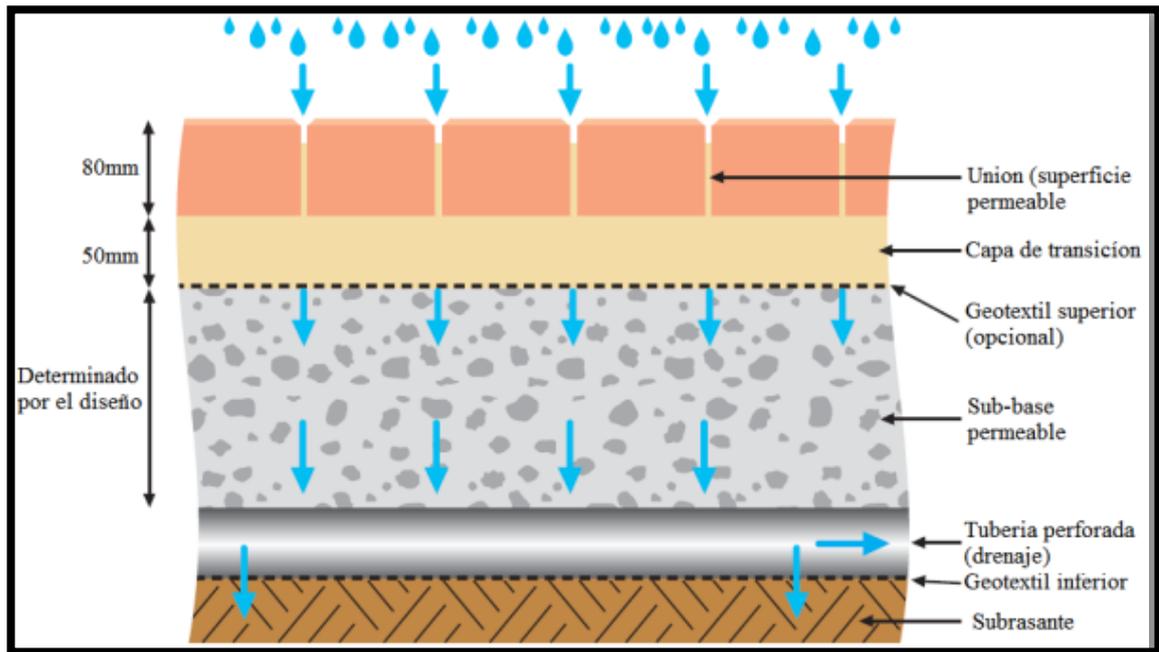
Watanabe y Interpave (2008) Sostiene que, En el caso de la infiltración, el suelo natural (sub rasante) debe tener la capacidad para recibir estas aguas (recarga de acuíferos) y en el caso de retención se utiliza cuando el suelo tiende a ser impermeable o cuando se quiere hacer uso de esta agua.

Figura R: Estructura del pavimento permeable de total infiltración



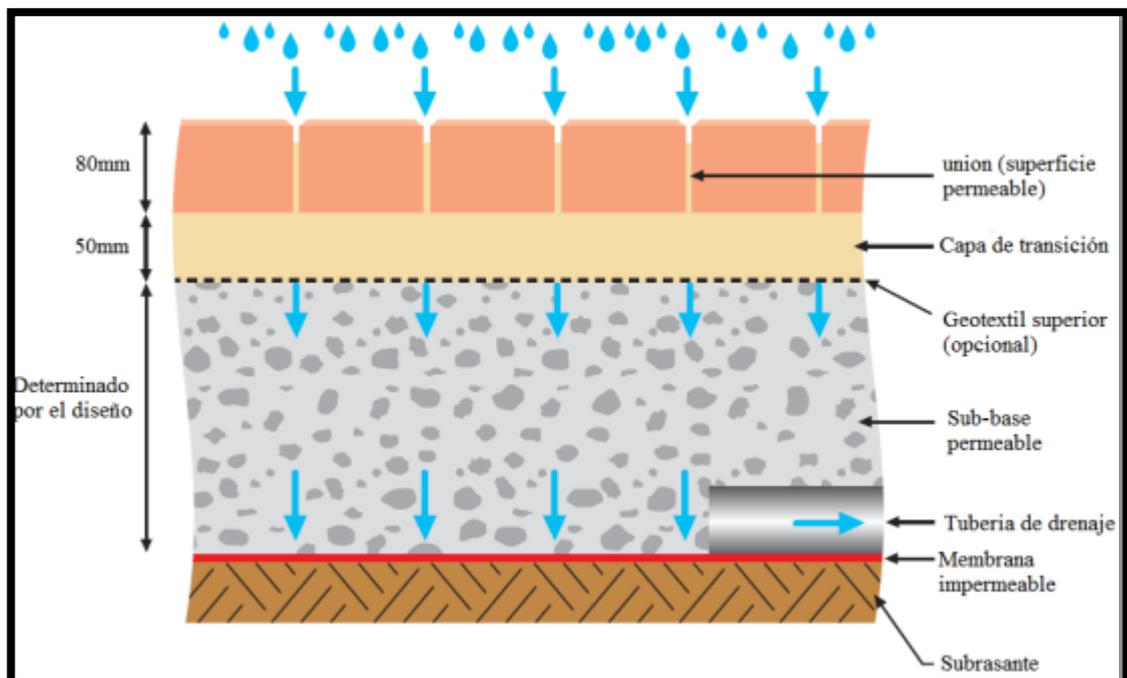
Fuente: Interpave (2008)

Figura S: Estructura del pavimento permeable de infiltración parcial



Fuente: Interpave (2008)

Figura T: Estructura del pavimento permeable de infiltración



Fuente: Interpave (2008)

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL Y FORMA DEL AGREGADO GRUESO

Crouch, Adam, & Sparkman, (2007). Según diversos estudios, se ha establecido que una granulometría no uniforme con casi la totalidad de su porcentaje de un mismo tamaño de agregado (es decir, una distribución granulométrica estrecha) produce un hormigón de una permeabilidad en un rango entre moderado a alto, sin embargo, este aspecto va en inversamente proporcional a las propiedades de resistencia a la compresión simple y flexión.

Una granulometría concebida con gran porcentaje de un agregado mayor y pequeñas cantidades de otro u otros menores, no brindan características buenas ni de permeabilidad ni de resistencia.

Para asegurar la mínima porosidad en el concreto permeable, la relación del tamaño del diámetro entre el agregado más grande y el agregado más pequeño no supere una ratio de 2.5. De lo contrario, los agregados de menor tamaño llenarán los vacíos dejados por los agregados de gran tamaño disminuyendo la porosidad y la permeabilidad (ACI 522R-10, 2010).

Moldeo de vigas

Solano (2003), Manifiesta que para moldear las vigas se procedió a colocar la mezcla de concreto en los moldes, en dos capas de aproximadamente igual volumen. Cada capa fue compactada con un martillo Hilti de sección cuadrada, aplicándole diez golpes por cada 90 cm² de superficie. Además, se quitó el remanente con un enrasador metálico para tratar de dejar uniforme la superficie.

Figura U: Moldeo de vigas



Fuente: Torres (2010)

Moldeo de Cilindros

Solano (2003), Manifiesta que para el moldeo de cilindros se procedió a colocar la mezcla de concreto en los especímenes por medio de una cuchara. Se colocó en tres capas de aproximadamente igual volumen y se compacto cada capa utilizando un martillo Hilti de sección circular, con el cuidado de aplicar la adecuada energía de compactación entre cada capa con el fin de evitar disminuir la cantidad de vacíos en la mezcla de concreto.

Figura V: Moldeo de Cilindros



Fuente: Torres (2010)

REFRENTADO DE PROBETAS CILÍNDRICAS NTP 339.037 (ASTM C617)

Curi (2011) El concreto permeable presenta una superficie irregular producto de la falta de finos en su composición. En consecuencia, es necesario el uso de un material que impida la ocurrencia de fallas en las muestras debido a esfuerzos por concentración de esfuerzos en las zonas irregulares. El refrenado compuesto de azufre provee de una superficie plana en las caras de las superficies expuestas a las cargas en el ensayo a compresión. 53 Para esta investigación, se realizó el proceso para el refrenado de las muestras de acuerdo al ASTM C617. Este consiste en calentar el compuesto de azufre aproximadamente a 265° F (130°C) el cual es determinado por el termostato del recipiente. Luego, el compuesto de azufre fundido se vierte sobre una base de acero horizontal sobre la cual se asienta la base de la muestra de manera vertical. Es necesario colocar

desmoldante sobre la placa de cubierta para remover fácilmente el capping endurecido.

Figura W: Uso de capping de azufre para probetas cilíndricas de 15x30 cm



Fuente: Curi (2011)

GRANULOMETRÍA

Pasquel (1998), sostiene que la medición del volumen de los tamaños de diferentes tamaños de partículas sería muy difícil su realización, es por ello que se realiza la medición de estas de forma indirecta, el cual es tamizándolas por medio de una serie de mallas de aberturas conocidas y pesando los materiales retenidos refiriéndolos en porcentaje con respecto al peso total. A esto es lo que se denomina análisis granulométrico o granulometría, que es la representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños.

Figura X: Tamices.



Fuente: Pasquel (1998)

Granulometría del agregado grueso

El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites establecidos en la Norma ITINTEC 400.037 o en la norma ASTM C-33, los cuales están indicados en la siguiente tabla:

Figura Y: “Requisitos Granulométricos de Agregado Grueso Según la Norma Técnica Peruana 400.037”

Tamaño Nominal	% Pasa por los tamices normalizados												
	100mm (4")	90mm (3½")	75mm (3")	63mm (2½")	50mm (2")	37.5mm (1½")	25mm (1")	19mm (¾")	12.5mm (½")	9.5mm (3/8")	4.75mm (Nº4)	2.36mm (Nº8)	1.18mm (Nº16)
90 mm a 37.5 mm (3½" a 1½")	100	90 a 100	--	25 a 60	--	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--	--
63 mm a 37.5 mm (2½" a 1½")	--	--	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--	--
50 mm a 25 mm (2" a 1")	--	--	--	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--
50 mm a 4.75 mm (2" a Nº4)	--	--	--	100	95 a 100	--	35 a 70	--	10 a 30	--	0 a 5	--	--
37.5 mm a 19 mm (1½" a ¾")	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--
37.5 mm a 4.75 mm (1½" a Nº4)	--	--	--	--	100	95 a 100	--	35 a 70	--	10 a 30	0 a 5	--	--
25 mm a 12.5 mm (1" a ½")	--	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	--	--	--
25 mm a 9.5 mm (1" a 3/8")	--	--	--	--	--	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	--	--
25 mm a 4.75 mm (1" a Nº4)	--	--	--	--	--	100	95 a 100	--	25 a 65	--	0 a 10	0 a 5	--
19 mm a 9.5 mm (¾" a 3/8")	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	--	--
19 mm a 4.75 mm (¾" a Nº4)	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	--	20 a 55	0 a 10	0 a 5	--
12.5 mm a 4.75 mm (½" a Nº4)	--	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	--
9.5 mm a 2.36 mm (3/8" a Nº8)	--	--	--	--	--	--	--	--	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

Fuente: Riva López Enrique, Diseño de mezcla (INDECOPI, NTP 400.037, 2002)

Tamaño máximo del agregado grueso.

(INDECOPI, NTP 400.037, 2002), Es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso.

Tamaño máximo nominal del agregado grueso.

(INDECOPI, NTP 400.037, 2002), Es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.

Peso específico

(Pasquel Carbajal, 1998), Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas. Las normas NTP 400.021 (ASTM C-127) y NTP 400.022 (ASTM C-128) establecen el procedimiento estandarizado para su determinación en laboratorio, distinguiéndose tres maneras de expresarlo en función de las

condiciones de saturación. Hay que tener en cuenta que las expresiones de la norma son adimensionales, luego hay que multiplicarlas por la densidad del agua en las unidades que se deseen para obtener el parámetro a usar en los cálculos.

Peso unitario

(Pasquel Carbajal, 1998), Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas, está influenciado por la manera en que se acomodan estas, lo que lo convierte en un parámetro hasta cierto punto relativo.

La norma NTP 400.017 (ASTM C-29), Define el método estándar para evaluarlo, en la condición de acomodo de las partículas luego de compactarlas en un molde metálico apisonándolas con 25 golpes con una varilla de 5/8" en 3 capas. El valor obtenido, es el que se emplea en algunos métodos de diseño de mezcla para estimar las proporciones y también para hacer conversiones de dosificaciones en peso a dosificaciones en volumen.

Porcentaje de vacíos.

(Pasquel Carbajal, 1998), En este último caso hay que tener en cuenta que estas conversiones asumen que el material en estado natural tiene el peso unitario obtenido en la prueba estándar, lo cual no es cierto por las características de compactación indicadas. Algunas personas aplican el mismo ensayo, pero sin compactar el agregado para determinar el "peso unitario suelto", sin embargo, este valor tampoco es necesariamente el del material en cancha, por lo que se introducen también errores al hacer conversiones de diseños peso a volumen.

(Pasquel Carbajal, 1998), Es la medida del volumen expresada en porcentaje de espacios entre las partículas de agregados. Depende también del acomodo entre partículas, por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario.

Absorción.

(INDECOPI, NTP 400.037, 2002), Es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas en ésta, se expresa como porcentaje del peso seco. El agregado se considera "seco" cuando éste ha sido mantenido a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por tiempo suficiente para remover toda el agua sin combinar.

Es la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos al interior de las partículas. El fenómeno se produce por capilaridad, no llegándose a llenar absolutamente los poros indicados pues siempre queda aire atrapado.

(INDECOPI, NTP 400.037, 2002), Tiene importancia, pues se refleja en el concreto reduciendo el agua de mezcla, con influencia en las propiedades resistentes y en la Trabajabilidad, por lo que es necesario tenerla siempre en cuenta para hacer las correcciones necesarias:

$$\% \text{ de Absorción} = \frac{\text{Peso Humedo} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}} \times 100$$

Las normas NTP 400.021 (ASTM C-127) y NTP 400.022 (ASTM C-128), ya mencionadas, establecen la metodología para su determinación en agregados gruesos expresada en la siguiente fórmula:

Peso específico de masa (Pem)

(INDECOPI, NTP 400.022, 2002), Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de agregado (incluyendo los poros permeables e impermeables en las partículas, pero no incluyendo los poros entre partículas); a la masa en el aire de igual volumen de agua destilada libre de gas.)

El peso específico de masa (Pem) se determina por medio de la siguiente fórmula:

$$P_{em} = \frac{W_o}{V - V_a} * 100$$

Dónde:

Pem = Peso específico de masa,

Wo = Peso del aire en la muestra secada en el horno (Gramos),

V = Volumen del frasco en cm³

Va = Peso en gramos o volumen cm³ de agua añadida al frasco

Contenido de humedad.

(Pasquel Carbajal, 1998), Es la cantidad de agua superficial retenida en un momento determinado por las partículas de agregado.

Es una característica importante pues contribuye a incrementar el agua de mezcla, razón por la que se debe tomar en cuenta conjuntamente con la absorción para efectuar las correcciones adecuadas en el proporcionamiento de las mezclas, para que se cumplan las hipótesis asumidas.

La humedad se expresa de la siguiente manera según la norma NTP 339-185 (ASTM C-566):

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{\text{Peso Original de la Muestra} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}} * 100$$

REQUISITOS DE USO

El agregado grueso será piedra chancada. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duro, compactas y resistentes.

- El agregado grueso deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales y otras sustancias perjudiciales.
- Debe cumplir las normas sobre su granulometría.
- Se recomienda que las sustancias dañinas, no excederán los porcentajes máximos siguientes:
 - Partículas deleznable: 3%
 - Material grueso que la malla 3/8

Funciones del agregado en el concreto

Los agregados en el concreto cumplen una de su principal función que es la resistencia que ofrece los agregados en la mezcla que es el concreto, y también reducen el contenido de cemento en la mezcla y esto hace que sea menos costosa. El agregado dentro del concreto cumple principalmente las siguientes funciones:

- Como esqueleto o relleno adecuado para la pasta (cemento y agua), reduciendo el contenido de pasta en el metro cúbico.
- Proporciona una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas de desgaste o de intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto poroso.
- Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento, de humedecimiento y secado o de calentamiento de la pasta.

Los agregados gruesos ocupan comúnmente de 60% a 75% del volumen del concreto (70% a 85% en peso), e influyen notablemente en las propiedades del concreto poroso recién mezclados y endurecidos, en las proporciones de la mezcla y en la economía.

Pasquel Carbajal (1998), El esqueleto granular está formado por los agregados que son elementos inertes, generalmente más resistentes que la pasta cementante y además económicos. Por lo tanto, conviene colocar la mayor cantidad posible de agregados para

lograr un concreto resistente, que no presente grandes variaciones dimensionales y sea económico.

Se debe optimizar la proporción de cada material de forma tal que se logren las propiedades deseadas al mismo costo.

Las funciones en el concreto son de ser el esqueleto, reduciendo el contenido de pasta, también le proporciona resistencia a las acciones mecánicas y reduce los cambios de volumen. La función de los agregados en el concreto es la de crear un esqueleto rígido y estable lo que se logra uniéndolos con cemento y agua (pasta).

Curi (2010), Los agregados de menor tamaño demandan mayor cantidad de pasta, por lo tanto, conviene poner mayor cantidad de agregado grueso para lograr un concreto resistente, pero al incorporar mayor cantidad de agregado grueso este será menos trabajable por tal caso se incluirá un aditivo.

ELABORACION DE MOLDES CILINDRICOS DE 15CM X 30C

En este paso se elabora moldes Cilíndricos de Compresión con el diseño de mezcla que se ha elaborado anteriormente y procedemos a realizar la mezcla y a colocar en los moldes cilíndricos.

Figura : “colocación de mezclas en moldes Cilíndricos”



Fuente: El Autor.

Figura: “Usando el Aditivo Chema Plast en el Agua de Amasado”



Fuente: El Autor.

ELABORACION DE MOLDES CILINDRICOS DE 10CM X 20CM

En este paso se elabora moldes Cilíndricos de Permeabilidad con el diseño de mezcla que se ha elaborado anteriormente y procedemos a realizar la mezcla y a colocar en los moldes cilíndricos.

Figura: “Colocación de mezclas en moldes Cilíndricos para Permeabilidad”



Fuente: El Autor.

PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO

En este paso la pasta no se encuentra pegada a los guantes después de abrir el puño, lo que significa una buena humedad.

Figura: “Prueba de consistencia para concreto permeable”



Fuente: El Autor.

Slump

En este paso el Ensayo de asentamiento en cono de abrams (0 Slump)

Figura: “Ensayo de asentamiento del concreto permeable”



Fuente: El Autor.

DESENCONFRADO Y CURADO DE MOLDES CILINDRICOS

El tipo de curado que hemos elegido es de suma importancia, determinando el curado por el método de sumersión en agua durante el tiempo establecido de 7, 14 y 28 días como mínimo.

Figura: “Desenconfado y Curado del concreto Permeable”



Fuente: El Autor.

DESENCONFRADO Y CURADO DE MOLDES CILINDRICOS DE PERMEABILIDAD

El tipo de curado que hemos elegido es de suma importancia, determinando el curado por el método de sumersión en agua durante el tiempo establecido de 28 días como mínimo.

Figura: “Curado del concreto Permeable con 15 % de Estructura de vacío”



Fuente: El Autor.

Figura: “Curado del Concreto Permeable con 20 % de Estructura de vacío”



Fuente: El Autor.

Figura: “Curado del Concreto Permeable con 25 % de Estructura de Vacío”



Fuente: El Autor.

ENSAYO A COMPRESIÓN DE LOS ESPECIMENES A ENSAYAR:

Según el ACI 522.R-10, no se han estandarizado procedimientos de prueba de esfuerzo a compresión para especímenes de concreto permeable, pues reconoce que la aplicación y sus características son diferentes, un hecho importante es que su propiedad principal es la permeabilidad y es inversamente proporcional a la resistencia a la compresión.

Sin embargo, al no existir otro método de prueba de resistencia a la compresión específico para concreto permeable, ésta se obtuvo bajo lo establecido en la norma NTP 339.034 y a ASTM C 39.

El equipo utilizado Máquina de compresión digital ACCUTEK 250.

El procedimiento es el siguiente:

1. Colocamos el espécimen en la Máquina de compresión digital ACCUTEK 250 y aplicamos la carga a velocidad constante, registrando las lecturas para las cargas dadas en el tablero de la máquina y para la deformación.
2. La resistencia a la compresión del espécimen, debe estar cercana a la que se esperaba alcanzar y se obtiene dividiendo la carga de rotura (Kg.) entre la sección transversal del espécimen (cm^2).
3. La deformación unitaria se encuentra dividiendo la deformación total entre la altura del espécimen.

Figura: “Procedimiento de Ensayo de la Resistencia a la Compresión”

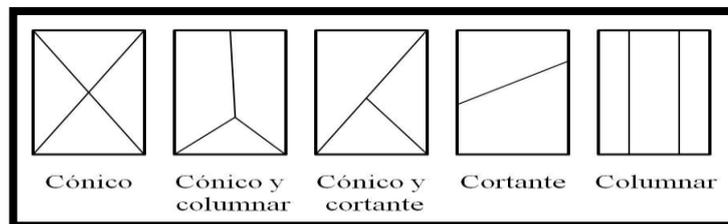


Fuente: El Autor

PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MOLDES CILINDRICOS.

Luego de un tiempo de la elaboración de los moldes cilíndricos, estas serán sometidas a pruebas de laboratorio, a los 7, 14 y 28 días de curado será sometido a las pruebas de resistencia a la Compresión del concreto siguiendo como patrón, las siguientes figuras que muestra las formas de:

Figura: “Tipo de Rotura”



Fuente: ASTM C39.

Figura 61: “Prueba de Resistencia a la Compresión”



Fuente: El Autor.

Ficha Técnica de Aditivo “Chema Plast”



Hoja Técnica

CHEMA PLAST

Aditivo mejorador de la trabajabilidad del concreto y reductor de agua para lograr concretos fluidos, compactos, y durables.

VERSION: 02
FECHA: 04/12/2017

DESCRIPCIÓN	CHEMA PLAST es un aditivo reductor de agua y plastificante de color marrón de uso universal, que hace posible diseñar mezclas de concreto de fácil colocación. Permite una reducción de agua hasta 10%, generando aumento en la resistencia a la compresión y durabilidad del concreto. Tiene además propiedades de reducir la permeabilidad del concreto. Cumple con los requerimientos de la norma ASTM C-494 tipo A.
--------------------	---

VENTAJAS	<p>El concreto tratado con CHEMAPLAST tiene las siguientes ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none">- Mejor acabado: La plasticidad permite un mejor acabado, por lo tanto, aumenta la durabilidad.- Aumenta la trabajabilidad y facilita la colocación del concreto en elementos con alta densidad de armadura sin necesidad de aumentar la relación agua / cemento.- Disminuye la contracción debido a la mejor retención de agua así como mayor aglomeración interna del concreto en estado plástico.- Aumenta la hermeticidad al agua impermeabilizándolo y produciendo mayor resistencia a la penetración de la humedad y por consiguiente al ataque de sales.- Aumenta la durabilidad debido a su alto grado de resistencia al salitre, sulfatos y cloruros.- No contiene cloruros.- Aumenta la resistencia a la compresión y flexión a todas las edades; mejora la adherencia al acero de construcción.- No transmite olor ni sabor al agua potable, ni la contamina. Cuenta con certificado CEPIS¹.
-----------------	--

USOS	<p>Como reductor de agua y plastificante en:</p> <ul style="list-style-type: none">- En concretos estructurales de edificaciones y en elementos esbeltos.- En concreto carevista.- En concretos pretensados y post-tensados.- En obras hidráulicas.- En concretos para elementos pre-fabricados: postes, buzones, cajas, tuberías, etc.- En concretos para pavimentos y puentes.- En concretos que deben ser desencofrados a temprana edad.- En concretos de reparación en general.- En construcciones frente al mar se recomienda utilizarlo desde los cimientos, en el concreto de techos, vigas, columnas, pisos, en el mortero de asentado y en el tarrajeo.- En esculturas de concreto.
-------------	---

DATOS TÉCNICOS	<ul style="list-style-type: none">- Apariencia : Líquido- Color : Marrón oscuro- Densidad : 1.2 g/ml ± 0.06- pH : 9.00 - 12.50- VOC : 0 g/L
-----------------------	---

ATENCIÓN AL CLIENTE:
(511) 336-8407

Página 1 de 2

Fuente: Chema (2018)

Chema Plast



Hoja Técnica

CHEMA PLAST

Aditivo mejorador de la trabajabilidad del concreto y reductor de agua para lograr concretos fluidos, compactos, y durables.

VERSION: 02
FECHA: 04/12/2017

PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DEL PRODUCTO	<p>Agregar de 145 ml a 360 ml de CHEMA PLAST por bolsa de cemento al agua de amasado de acuerdo al efecto deseado, sin combinarlo con otros aditivos. Dosificar por separado cuando se usen otros aditivos en la misma mezcla. Se sugiere realizar pruebas previas con los materiales, tipo de cemento y condiciones de obra.</p> <p>Para morteros impermeables usar diseño 1:3 (1 de cemento+ 3 de arena fina) utilizando la mayor dosis de aditivo.</p> <p>Es indispensable realizar el curado del concreto con agua o alguno de nuestros curadores como Membranil Económico Reforzado antes y después del fraguado</p>
RENDIMIENTO	<p>La dosis sugerida es de 145 ml a 360 ml de CHEMAPLAST por bolsa de cemento. La dosis óptima se debe determinar mediante ensayos con los materiales, tipo de cemento y en las condiciones de obra.</p>
PRESENTACIÓN	<p>Envase de 1 gal. Envase de 5 gal. Envase de 55 gal.</p>
ALMACENAMIENTO	<p>1 año almacenado en su envase original, sellado en lugar fresco, ventilado y bajo techo.</p>
PRECAUCIONES Y RECOMENDACIONES	<p>En caso de emergencia, llame al CETOX (Centro Toxicológico).</p> <p>Durante su manipulación no beber ni comer alimentos. Lavarse las manos luego de manipular el producto. Utilizar guantes, gafas protectoras y ropa de trabajo. En caso de contacto con los ojos y la piel, lávese con abundante agua. Es tóxico si es ingerido, no provocar vómitos; procurar ayuda médica inmediata.</p>

La presente Edición anula y reemplaza la Versión N° 1 para todos los fines

La información que suministramos está basada en ensayos que consideramos seguros y correctos de acuerdo a nuestra experiencia. Los usuarios quedan en libertad de efectuar las pruebas y ensayos previos que estimen conveniente, para determinar si son apropiados para un uso en particular. El uso, aplicación y manejo correcto de los productos, quedan fuera de nuestro control y es de exclusiva responsabilidad del usuario.

ATENCIÓN AL CLIENTE:Página 2 de 2

Fuente: Chema (2018)

CONTENIDO DE HUMEDAD



Hoja: 2 de 6

OBRA: RELACIÓN ENTRE LA ESTRUCTURA DE VACÍOS Y LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO EN PAVIMENTOS - 2021

SOLICITANTE: OBREGON CUEVA JAVIER DAVID

LUGAR: HUARAZ-HUARAZ
 CANTERA: TACLLAN
 UBIC. CANTERA: TACLLAN
 FECHA: 20/12/2020

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM C 566 (NTP 339.185)

AGREGADO: FINO

Muestra	M-01	
Recipiente N°	8	9
Peso Húmedo + Recipiente (gr)	182.60	185.50
Peso Seco + Recipiente (gr)	180.10	183.60
Peso recipiente	32.60	32.10
Peso del agua (gr)	2.50	1.90
Peso Suelo Seco (gr)	147.50	151.50
Contenido de Humedad (%)	1.69	1.25
Humedad Promedio (%)	1.47	

AGREGADO: GRUESO

Muestra	M-01	
Recipiente N°	2	4
Peso Húmedo + Recipiente (gr)	132.30	145.60
Peso Seco + Recipiente (gr)	127.10	140.20
Peso recipiente	21.50	24.60
Peso del agua (gr)	5.20	5.40
Peso Suelo Seco (gr)	105.60	115.60
Contenido de Humedad (%)	4.92	4.67
Humedad Promedio (%)	4.80	



JOHN FRAYLUIR SÁENZ PALMA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 47285
 Maestría en Ingeniería Estructural y Geotécnica

282107



PESO UNITARIO – AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO



GEOSTRUCT
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYO DE MATERIALES

Estudios de Mecánica de Suelos
Control de calidad en campo
Consultoría en Ingeniería Estructural
Consultoría en Ingeniería Geotécnica

INDECOPI REGISTRO N° 00078368
RUC N° 10316289652 RNP: C7390 SO386686

Hoja: 5 de 6

OBRA: RELACIÓN ENTRE LA ESTRUCTURA DE VACÍOS Y LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO EN PAVIMENTOS – 2021

SOLICITANTE: OBREGON CUEVA JAVIER DAVID

LUGAR: HUARAZ-HUARAZ

CANTERA: TACLLAN

UBIC. CANTERA: TACLLAN

FECHA: 20/12/2020

PESO UNITARIO AGREGADO FINO ASTM C29 (NTP 400.017)

TIPO DE PESO UNITARIO	Peso Unitario Suelto			Peso Unitario Compactado		
	1	2	3	1	2	3
MUESTRA N°						
Peso Material + Molde	10140.00	10120.00	10150.00	10490.00	10420.00	10440.00
Peso del Molde	6700.00	6700.00	6700.00	6700.00	6700.00	6700.00
Peso del Material	3440.00	3420.00	3450.00	3790.00	3720.00	3740.00
Volumen del Molde	2124.00	2124.00	2124.00	2124.00	2124.00	2124.00
Peso Unitario(Ton/m3)	1.62	1.61	1.624	1.784	1.751	1.761
Peso Unitario Promedio (Ton/m3)	1.618			1.765		

PESO UNITARIO AGREGADO GRUESO ASTM C29 (NTP 400.017)

TIPO DE PESO UNITARIO	Peso Unitario Suelto			Peso Unitario Compactado		
	1	2	3	1	2	3
MUESTRA N°						
Peso Material + Molde	9890.00	9860.00	9810.00	10190.00	10210.00	10160.00
Peso del Molde	6700.00	6700.00	6700.00	6700.00	6700.00	6700.00
Peso del Material	3190.00	3160.00	3110.00	3490.00	3510.00	3460.00
Volumen del Molde	2124.00	2124.00	2124.00	2124.00	2124.00	2124.00
Peso Unitario(Ton/m3)	1.502	1.488	1.464	1.643	1.653	1.629
Peso Unitario Promedio (Ton/m3)	1.485			1.642		



John Fray Luis Barreto Topa
JOHN FRAYLUIS BARRETO TOPA
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 47285
Maestría en Ingeniería
Estructural y Geotécnica

ENSAYO DE PERMEABILIDAD – PERMEAMETRO DE CARGA VARIABLE



ENSAYO DE PERMEABILIDAD PERMEÁMETRO DE CARGA VARIABLE

TESIS:	RELACIÓN ENTRE LA ESTRUCTURA DE VACÍOS Y LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO EN PAVIMENTOS – 2021
SOLICITANTE:	OBREGON CUEVA Javier David
% DE VACÍOS DE DISEÑO:	15%, 20%, 25%
TASA DE PERM. DE DISEÑO:	-----
FECHA DE ENSAYO:	02/02/21
LUGAR:	Huaraz
OBSERVACIONES:	Permeámetro de carga variable, con tubería de PVC, espécimen moldeado dentro del tubo.

ESPECIMENES %	ENSAYO N°	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Carga (cm)	Tiempo (s)	Promedio Tiempo (s)	Permeabilidad mm/s
(15%)	1	20.00	10.00	25.00	45.36	44.56	5.61
	2	20.00	10.00	25.00	44.09		
	3	20.00	10.00	25.00	44.23		
(20%)	1	20.00	10.00	25.00	36.68	37.20	6.72
	2	20.00	10.00	25.00	37.21		
	3	20.00	10.00	25.00	37.71		
(25%)	1	20.00	10.00	25.00	24.02	23.11	10.81
	2	20.00	10.00	25.00	22.16		
	3	20.00	10.00	25.00	23.17		

PROMEDIO TOTAL: 7.71 mm/s




J. HUALCÁN BARRETO PALMA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 47295
 Maestría en Ingeniería
 Estructural y Geotécnica

ENSAYO A LA COMPRESION DE BRIQUETAS DE CONCRETO – 15%

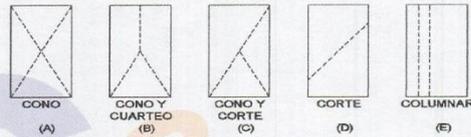


Hoja 1 de 1

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BRIQUETAS DE CONCRETO ASTM C39/C39-M

OBRA: RELACIÓN ENTRE LA ESTRUCTURA DE VACÍOS Y LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO EN PAVIMENTOS – 2021

SOLICITANTE: OBREGON CUEVA JAVIER DAVID
LUGAR: CHAVIN DE HUANTAR-HUARI-ANCASH
FECHA: 2/02/2021
DOSIFICACION:
En Peso: --
En Volumen: --
fc de Diseño: 0



DIMENSIONES DE LA MUESTRA

Altura: 30.0 cm
Diámetro : 15.0 cm

176.7 cm²



N°	DESCRIPCION	Diseño Kg/cm ²	Tipo de Rotura	Fecha		Edad Dias	Carga (Kg)	fc (Kg/cm ²)	% fc/fcd
				Moldeo	Rotura				
1	ESPECIMENES DE 15%								
1	T-01	280	C	4/01/2021	11/01/2021	7	42600	241	86.07
2	T-02	280	C	4/01/2021	18/01/2021	14	46010	260	92.86
3	T-03	280	C	4/01/2021	2/02/2021	28	53710	304	108.57

OBSERVACIONES:

Probetas proporcionada, muestreada e identificada por el solicitante para sus respectivas pruebas. Las muestras se han ensayado con máquina de compresión digital ACCUTEK 250, ELE INTERNACIONAL USA.



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
GEOSTRUCT
2018
John Fraylons Barredo Palma
JOHN FRAYLONS BARREDO PALMA
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 47285
Maestría en Ingeniería
Estructural y Geotécnica

28222

PANEL FOTOGRAFICO

Elaboración de moldes



Elaboración de moldes



Uso del Aditivo Chema Plast



Preparando la Mescla



Fuente: El Autor.

**Uso del Aditivo con el agua
De amasado**



Consistencia de la mezcla



Permeámetro



Rotura de los Especímenes



Fuente: El Autor.

Permeámetro con 15 %



Permeámetro con 20 %



Permeámetro con 25 %



Permeámetro con carga de 20 % óptimo



Fuente: El Autor.

Aplicaciones del concreto poroso en pavimentos
Ejemplos de aplicaciones:

Aplicaciones

<p>Pavimento permeable en asfalto poroso</p>		<p>Estacionamiento en Ontario Canadá. (fuente: Ministerio de transporte de Ontario (MTO), 2011)</p>
<p>Pavimento permeable en asfalto poroso</p>		<p>Frente al hotel Intercontinental de Zapopan en Jalisco, México (fuente: ECOCRETO, 2010)</p>
<p>Pavimento permeable en adoquín</p>		<p>St. Germain's – Diamond-Vogel Parking Lot, 17th Ave East & London Rd Duluth, Minnesota, USA (fuente: Lake superior Duluth, 2007)</p>
<p>Pavimento permeable en adoquín</p>		<p>Stonehill private Catholic liberal arts college en Boston, USA. (Fuente: Foley, 2013)</p>

Fuente: Saucedo Vidal (2012)

Aplicaciones

TIPO DE PAVIMENTO	IMAGEN	LUGAR
Pavimento permeable en asfalto		Plaza principal de Soyaló en el estado de Chiapas, México, se pinta como parte de la decoración urbanística. (fuente: HIDROCRETO, 2012)
Pavimento permeable en asfalto poroso		Estacionamiento de la planta de Schnyder Electric en Tlaxcala, México. (fuente: HIDROCRETO, 2012)

Fuente: Saucedo Vidal (2012)