



Características de dos agregados finos que influyen en la resistividad del hormigón

Characteristics of two fine aggregates that influence the resistivity of concrete

Características de dois agregados finos que influenciam na resistividade do betão

Andrea Dayana Solórzano-Pinargote ^I
asolorzano0389@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0004-9978-8236>

Axel Byron Zambrano-Gutierrez ^{II}
azambrano5321@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0001-7975-7481>

Juan Carlos Guerra-Mera ^{III}
juan.guerra@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-6597-0022>

Correspondencia: asolorzano0389@utm.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 30 de noviembre de 2023 * **Aceptado:** 13 de diciembre de 2023 * **Publicado:** 17 de enero de 2024

- I. Estudiante Departamento de Construcciones Civiles y Arquitectura, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.
- II. Estudiante Departamento de Construcciones Civiles y Arquitectura, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.
- III. Docente Departamento de Construcciones Civiles y Arquitectura, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.

Resumen

El hormigón es un material ampliamente utilizado en la construcción, razón por la cuál es importante evaluar su calidad y desempeño, partiendo desde el análisis de su composición y posterior dosificación; siendo la resistividad eléctrica y la resistencia a compresión propiedades a estudiar. Además, es relevante caracterizar los agregados finos, pues tendrán relación con los distintos valores obtenidos de resistividad eléctrica. Para determinar las características del agregado fino, el presente estudio, plantea analizar cómo incide el módulo de finura, porcentaje de absorción y contenido de humedad del agregado en el hormigón, en base a las normas establecidas; a su vez, la influencia en la resistividad eléctrica del hormigón de diseño de 21 MPa. Con la finalidad de cumplir con el objetivo planteado, se empleó una metodología de enfoque cuantitativo, misma que parte de un diseño experimental. Las muestras de los agregados finos provinieron de dos canteras, una de la ciudad de Santo Domingo y la otra de Portoviejo. Los ensayos se realizaron conforme a lo establecido en las normas ASTM C39 y AASHTO TP95-11, a un total de 14 probetas. Referente a los resultados obtenidos, se puede evidenciar la relación directa de la resistividad eléctrica con la resistencia a compresión del hormigón, obtuvo mejores valores la cantera AFSD, influyendo como característica principal la granulometría de los finos en los resultados finales.

Palabras clave: Agregado fino; Resistividad eléctrica; resistencia a compresión.

Abstract

Concrete is a material widely used in construction, which is why it is important to evaluate its quality and performance, starting from the analysis of its composition and subsequent dosage; being electrical resistivity and compressive strength properties to study. Furthermore, it is relevant to characterize the fine aggregates, since they will be related to the different values of electrical resistivity obtained. To determine the characteristics of the fine aggregate, the present study proposes to analyze how the fineness modulus, absorption percentage and moisture content of the aggregate affect the concrete, based on established standards; in turn, the influence on the electrical resistivity of the design concrete of 21 MPa. In order to meet the stated objective, a quantitative approach methodology was used, which is based on an experimental design. The fine aggregate samples came from two quarries, one from the city of Santo Domingo and the other from

Portoviejo. The tests were carried out in accordance with the provisions of ASTM C39 and AASHTO TP95-11 standards, with a total of 14 specimens. Regarding the results obtained, the direct relationship of the electrical resistivity with the compressive strength of the concrete can be evident; the AFSD quarry obtained better values, with the granulometry of the fines influencing the final results as the main characteristic.

Keywords: Fine aggregate; electrical resistivity; compression resistance.

Resumo

O concreto é um material muito utilizado na construção civil, por isso é importante avaliar sua qualidade e desempenho, a partir da análise de sua composição e posterior dosagem; sendo propriedades de resistividade elétrica e resistência à compressão a serem estudadas. Além disso, é relevante caracterizar os agregados miúdos, uma vez que estarão relacionados com os diferentes valores de resistividade elétrica obtidos. Para determinar as características do agregado miúdo, o presente estudo propõe analisar como o módulo de finura, percentual de absorção e teor de umidade do agregado afetam o concreto, com base em padrões estabelecidos; por sua vez, a influência na resistividade elétrica do concreto de projeto de 21 MPa. Para cumprir o objetivo declarado, utilizou-se uma metodologia de abordagem quantitativa, que se baseia num desenho experimental. As amostras de agregados finos vieram de duas pedreiras, uma da cidade de Santo Domingo e outra de Portoviejo. Os ensaios foram realizados de acordo com o disposto nas normas ASTM C39 e AASHTO TP95-11, totalizando 14 corpos de prova. Em relação aos resultados obtidos, fica evidente a relação direta da resistividade elétrica com a resistência à compressão do concreto; a pedreira AFSD obteve melhores valores, tendo como principal característica a granulometria dos finos influenciando nos resultados finais.

Palavras-chave: Agregado fino; resistividade elétrica; resistência à compressão.

Introducción

El hormigón es uno de los materiales más utilizado en la industria de la construcción, con la finalidad de prolongar su vida útil es necesario someterlo a varios estudios y ensayos, que permitan analizar su composición y desempeño para determinar los parámetros de calidad que lo constituye. Su dosificación generalmente se basa en la cantidad de materiales que se utilizan como son agua,

cemento, agregados finos y gruesos, y en ciertas ocasiones aditivos, dependiendo de su utilización, por lo cual, es importante determinar las características de cada uno de estos componentes.

La pérdida temprana de durabilidad generalmente es causada por la selección inadecuada de materiales, el incumplimiento de las normas establecidas, las incorrectas dosificaciones, la poca evaluación del entorno, entre otros (Guerra et al.; 2023, p.5). Actualmente existen varias formas de evaluar la durabilidad de un hormigón, siendo la más común la resistencia a la compresión, a lo que Santamaría et al. (2021) expresa que, “el esfuerzo de compresión ($f'c$) es generalmente el parámetro de calidad a ser considerado por ingenieros civiles en la ejecución de proyectos de infraestructura física debido a su facilidad para ser medido” (p.92). Además, Guerra et al., (2017) señala que, junto al desempeño por resistencia, el desempeño por durabilidad del hormigón constituye una herramienta necesaria para la evaluación de los plazos de vida útil de las estructuras y la evaluación del desempeño por durabilidad de los hormigones se realiza a partir de la determinación de su resistencia a compresión (p.40). Sin embargo, no es la única manera de evaluar este parámetro, ya que, la medida de resistividad eléctrica (RE), es una opción sencilla y práctica que permite valorar la durabilidad del hormigón desde la etapa de elaboración, hasta la de curado y endurecimiento.

La comprensión de la resistividad del hormigón se remonta desde los años de 1950 a 1970 (Martínez et al., 2018, p.2). Según Juera et al. (2020), en la última década la resistividad eléctrica se ha utilizado satisfactoriamente como parámetro para identificar las propiedades tempranas del concreto fresco y como soporte para predecir la durabilidad a largo plazo del mismo, además cuenta con la ventaja de ser un ensayo no destructivo, sencillo, rápido y de bajo costo (p.34). De manera técnica y sencilla Villagrán et al. (2019) define a la resistividad eléctrica como “la relación entre el voltaje aplicado y la corriente eléctrica que fluye a través de una muestra. También como la resistencia de los materiales al paso de corriente eléctrica” (p.7). Por otro lado, Ortiz et al. (2020) expone que “la resistividad es una medida de la capacidad del hormigón de actuar como electrolito y conducir las corrientes de corrosión” (p.48).

En base a lo anteriormente expuesto, se puede establecer que los ensayos de la resistividad eléctrica del hormigón, ayudan a determinar la durabilidad del mismo; que a través de sus poros transportan agentes agresivos, permitiendo medir la propiedad del hormigón, relacionar su microestructura con su comportamiento resistente y durable; además es, importante analizar el impacto y la influencia

que tiene el agregado fino, como material que conforma la mezcla del hormigón, partiendo de sus características, entre otros factores.

El agregado fino juega un papel importante en la composición del hormigón, este representa alrededor del 40% del agregado total, por lo que su uso debe basarse en función de sus características, tales como: textura, absorción, humedad, módulo de finura (MF), gravedad específica; las cuales tienen un impacto significativo en el comportamiento del material en cuestión, tanto en estado fresco como endurecido, contribuyendo a sus propiedades físicas y mecánicas. Parrales et al. (2023) concluyen que “una buena selección de agregados, más una composición adecuada es crucial para conseguir una mezcla de hormigón en términos de calidad y desempeño” (p.612).

Para los agregados finos, la norma INEN 872:2011, especifica que la arena puede ser de tipo natural, procesada o una combinación de ambas, y su módulo de finura según la (ASTM C33), debe estar en un nivel alto de 3.1 y un nivel bajo de 2.3. Teniendo en cuenta su caracterización, los agregados finos deben estar dosificados de forma que, junto con los otros materiales, la mezcla sea trabajable y brinde cohesión.

El objetivo principal del presente estudio es, analizar las características del agregado fino que influyen en la resistividad eléctrica del hormigón; además, la resistencia a la compresión, teniendo en cuenta una resistencia equivalente o mayor a la propuesta en el diseño de 21 MPa. Cabe mencionar que, en el presente estudio, se contó con dos muestras de agregados finos provenientes de canteras de diferentes provincias, el primer agregado fino (cantera “AFSD”) de una mina ubicada en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas; y el segundo agregado fino (cantera “AFM”) de una cantera de la Provincia de Manabí.

Metodología

El desarrollo de esta investigación se realizó bajo un enfoque cuantitativo, debido a que se obtuvieron resultados de medición de la resistividad superficial, por medio de un ensayo de laboratorio no destructivo denominado ensayo de resistividad eléctrica, establecida en la norma AASHTO TP 95- 11, con el uso del dispositivo Surf TM, (figura 1) mediante la técnica de cuatro puntas (Wenner). Además, se determinó la resistencia a compresión de las muestras, por medio del ensayo respectivo de acuerdo a lo que establece la norma ASTM C39.



Figura 1: Dispositivo Surf™

Para alcanzar el propósito de la presente investigación, se utilizó dos tipos de agregados finos provenientes de diferentes canteras (Cantera “AFSD” - Cantera “AFM”), que fueron utilizados en los diseños de mezcla de hormigón. Este estudio parte de un diseño experimental, que se realizó en base a los datos obtenidos de la caracterización de los agregados.

Para determinar las características de los agregados se realizaron los respectivos ensayos de laboratorio, aplicando los criterios de la normativa ecuatoriana: módulo de finura (NTE INEN 696:2010), determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino (NTE INEN 856:2010) (figura 2), determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido grueso (NTE INEN 857:2010), determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos (NTE INEN 858:2010) (figura 3), determinación del contenido de humedad superficial en el árido fino (NTE INEN 859:2010), determinación del valor de la degradación del árido grueso (NTE INEN 860:2011) y determinación del contenido total de humedad (NTE INEN 862:2011).



Figura 2: Ensayo gravedad específica



Figura 3: Ensayo peso volumétrico

Referente a la elaboración de las probetas de hormigón, se utilizó el molde de 10 cm de diámetro por 20 cm de altura, de acuerdo a lo establecido en la norma (NTE INEN 1576:2010).

Para esta investigación, se elaboraron un total de 14 probetas de hormigón, como se indica la figura 4, siete por cada agregado fino, distribuidas en dos probetas para los 7 y 14 días, y tres probetas para los 28 días de curado, respectivamente, cumpliendo con lo que se establece en la norma (INEN 1573:2010).



Figura 4: Probetas resistencia a la compresión y resistividad superficial

En estos testigos se realizaron los ensayos de resistividad eléctrica y resistencia a la compresión. En los ensayos realizados, las probetas de hormigón fueron retiradas de la piscina de curado y estando húmedas fueron colocadas en la base del equipo (Surf™), el cual sitúa electrodos en la superficie del cuerpo y aplica corriente eléctrica para proceder a medir la resistividad superficial de la probeta, y posteriormente, con el uso de una máquina de ensayo determinar la resistencia a la compresión de los cilindros de hormigón analizados. (figura 5)



Figura 5: Ensayo de resistencia a compresión

Resultados y discusión

Los ensayos realizados en la presente investigación experimental fueron ejecutados de acuerdo con las normas establecidas.

Una de las pautas a considerar en la utilización de agregados es que, estos deben cumplir con los requisitos de la NTE INEN 872:2011, con el criterio especificado en la norma (MOP-001-F:2000) y ASTM C33, que para, en el caso del agregado fino establece que el módulo de finura no debe ser mayor a 3.1 ni menor a 2.3. Además, debe pasar por un tamiz de abertura nominal de 10 mm. Ambos agregados utilizados cumplen con estas dos últimas especificaciones. En la tabla 1, se muestran los resultados del ensayo de granulometría de los agregados finos y un análisis de los mismos.

		Masa retenida parcial (g)	Retenido parcial (%)	Pasante acumulado (%)	Límites
INEN (mm)	ASTM (Ø)				NTE - INEN 872
<i>Cantera "AFSD"</i>					
9.5	3/8	0	0	100	100
4.75	4	32.90	3	97	95 - 100
2.36	8	104.79	11	86	80 - 100
1.18	16	155.52	15	71	50 - 85
0.59	30	155.29	16	55	25 - 60
0.297	50	262.42	26	29	10 - 30
0.149	100	184.66	19	10	0 - 10
<i>Cantera "AFM"</i>					
9.5	3/8	0	0	100	100
4.75	4	54	5	95	95 - 100
2.36	8	116	12	83	80 - 100
1.18	16	175.47	18	65	50 - 85
0.59	30	170.06	17	48	25 - 60
0.297	50	127.06	12	36	10 - 30
0.149	100	120.65	12	24	0 - 10

Figura 6: Análisis granulométrico agregado fino (Canteras "AFSD" y "AFM")

Para la elaboración de este ensayo se escogió una muestra de 1000 g por cada agregado. En la figura 6, se muestran los resultados obtenidos en los tamices más representativos.

A partir de estos resultados, se puede observar que las dos muestras en estudio no tienen un pasante con más de 45% en ninguno de los tamices; para el caso de la Cantera "AFSD" el mayor porcentaje es de 26% y se encuentra en el tamiz N.º 50, mientras que para la Cantera "AFM" el porcentaje

más representativo se encuentra en el tamiz N.º 16 con un 18% de agregado retenido, cumpliendo con lo dicho en el numeral 5.1.2.2 de la NTE INEN 872.

Esta misma normativa en el numeral 5.1.2.1 muestra los límites en los que el agregado fino debe estar graduado con respecto al porcentaje que pasa. En la cantera “AFSD” todos los tamices están dentro del límite establecido, siendo muy ajustado en los tamices N.º 50 y N.º 100. Por otra parte, la cantera “AFM” cumple con ellos hasta el tamiz N.º 30, excediéndose el límite permitido de los agregados en los dos últimos tamices; esto representa un exceso de finos y se debe a que es un material triturado no uniforme.

Es necesario tener en cuenta que, en la granulometría de finos no solo es importante cumplir con el módulo de finura (MF), sino también con otras condiciones granulométricas como las descritas anteriormente. Los resultados para MF que se muestran en la tabla 2, de las canteras “AFSD” y “AFM” son de 2.52 y 2.49 respectivamente; encontrándose dentro del rango establecido (2.3 – 3.1) por lo que se considera un módulo aceptable. En la tabla 2, se pueden observar los resultados de la caracterización de los agregados empleados en el diseño.

Figura 7: Resultados de caracterización de los agregados

Características del material	AF.	Cantera	AF.	Cantera	Agregado grueso
	“AFSD”	“AFM”	“AFM”	“AFM”	
Tamaño máximo nominal (TMN) (mm)	-	-	-	-	12.5
Módulo de finura (MF)	2.52	2.49	2.49	2.49	-
Peso unitario suelto (PUS) (kg/m ³)	1678	1348	1348	1348	1370
Peso unitario compactado (PUC) (kg/m ³)	1709	1471	1471	1471	1520
Peso específico SSS (kg/m ³)	2941	2451	2451	2451	2701
Absorción (%)	3.22	6.70	6.70	6.70	5.82
Humedad (%)	0.86	16.75	16.75	16.75	5.6

A demás del módulo de finura, también se resumen otras características físicas importantes de los agregados tales como: pesos unitarios, densidad, humedad, absorción y para el caso del agregado grueso el tamaño máximo nominal (TMN) el cual es de 12.5mm. Para la obtención de estos valores se realizaron los ensayos correspondientes cumpliendo con la normativa respectiva.

Los pesos unitarios sueltos y compactados (PUS y PUC), del agregado ayudan a determinar algunas de las variaciones en su forma y tamaño de partícula, y estos valores también permiten la

conversión de peso a volumen; además, el PUC es utilizado para el diseño de la mezcla de hormigón. De esta forma, los valores obtenidos para el PUS de los agregados finos de las canteras “AFSD” Y “AFM” fueron de 1678 y 1348 kg/m³ correspondientemente; y en este mismo orden, los resultados para el PUC fueron de 1709 y 1471 kg/m³ calificándose como valores aceptables. Por su parte, los pesos unitarios conseguidos para el agregado grueso fueron; 1370 kg/m³ para el PUS y 1520 kg/m³ para el PUC.

Con respecto a el peso específico o gravedad específica de los agregados saturados superficialmente secos (SSS), además de usarse para determinar el porcentaje de absorción de estos, es útil para calcular el volumen que ocupan en la mezcla de hormigón. Bajo este contexto, luego de ensayar las muestras del agregado fino, se obtuvieron los siguientes resultados; 2941 kg/m³ para la cantera “AFSD” y 2451 kg/m³ para la cantera “AFM”, mientras que el agregado grueso tiene 2701 kg/m³. Se estima que el rango óptimo de peso específico de los agregados debe de estar entre 2500 a 2750 kg/m³ y se observa que el agregado fino de la cantera “AFSD” está por encima de esta condición, por lo que este valor puede influir en la mezcla de hormigón.

En cuanto a los valores de absorción, para las canteras “AFSD” y “AFM” los resultados fueron de 3.22 y 6.70% respectivamente y para el agregado grueso del 5.82%. Siendo así el fino de la cantera “AFM” el agregado con mayor absorción.

Por último, el contenido de humedad de los agregados es importante, ya que es una de las características que condiciona la cantidad de agua a utilizar en la mezcla de hormigón. El agregado fino de la cantera “AFSD” tiene un porcentaje de humedad de 3.22% y el de la cantera “AFM” al ser un material que se encuentra siempre húmedo presenta un 16.75%. Por otro lado, el agregado grueso contiene un 5.6% de humedad.

Obtenidas las características de los agregados recopilados se inicia la ejecución del diseño de mezcla de hormigón. El método usado en este estudio es el ACI 211.1, que actualmente es el más utilizado en nuestro medio.

Debido a la baja plasticidad que presentan nuestros agregados, se usó el aditivo Eucon 37, que es un aditivo reductor de agua, superplastificante y optimizador de mezclas que esta formulado para mantener la consistencia plástica y dar un óptimo desempeño en el concreto ya que extiende el tiempo de trabajabilidad del mismo, este aditivo cumple con los requerimientos de la norma (ASTM C-494, Tipo A y Tipo F). La tabla 3, presenta los resultados de las dosificaciones para 1m³.

Figura 8: Dosificación diseño de hormigón (Canteras "AFSD" y "AFM")

Elemento	Cantera "AFSD"		Cantera "AFM"	
	Cantidad	Proporción en m^3	Cantidad	Proporción en m^3
Cemento (Kg)	403.64	1	403.64	1
Ag. Grueso (Kg)	1003.2	2.49	957.6	2.37
Ag. Fino (Kg)	747.01	1.85	664.21	1.65
Agua (L)	222	0.55	222	0.55

En la figura 8, se muestran las equivalencias de las dosificaciones para la elaboración de las probetas de hormigón por cada agregado fino provenientes de las canteras "AFSD" y "AFM". Para identificar la influencia que tienen estos agregados finos en la resistividad del hormigón, se diseñaron las muestras bajo las mismas cantidades de agua, cemento, porcentaje de aire y aditivo; y para obtener una consistencia manejable se diseñó con un revenimiento de 100mm a 150mm, mismo que se cumplió y se mantuvo dentro del rango en las muestras realizadas, obteniendo así una mezcla trabajable como se muestra en la figura 6. Se puede observar una diferencia con respecto a la cantidad de agregado grueso y fino, esto se debe principalmente a la diferencia de características que tienen las arenas y que se ajustó el volumen de los agregados para que el porcentaje de agregado fino sea de 40% aproximadamente.

**Figura 9:** Revenimiento de la mezcla de hormigón

Transcurridos los correspondientes días de curado de las probetas de hormigón, se realizaron los ensayos de resistividad eléctrica y de resistencia a la compresión resultados que se detallan en la figura 10.

Figura 10: Comparación de resistividad eléctrica y resistencia a la compresión para los agregados finos provenientes de las canteras "AFSD" y "AFM"

Cantera "AFSD"			Cantera "AFM"		
Probeta	Resistividad ($k\Omega.cm$)	Resistencia compresión (Kg/cm^2)	Probeta	Resistividad ($k\Omega.cm$)	Resistencia compresión (Kg/cm^2)
7 días					
AFSD 1	6.5	175.96	AFM 1	4.5	111.53
AFSD2	6.2	179.31	AFM 2	5.3	115.15
14 días					
AFSD 3	6.5	205.99	AFM 3	5.2	151.16
AFSD 4	7.3	225.01	AFM 4	5.1	146.96
28 días					
AFSD 5	8.8	216.22	AFM 5	7.2	173.19
AFSD 6	9.3	242.86	AFM 6	7.1	169.27
AFSD 7	9.4	249.95	AFM 7	7.3	176.61

En base a lo expuesto en la figura 10, se puede observar que la resistividad eléctrica del hormigón va en aumento conforme avanzan los días de curado, dado que conforme progresa el proceso de fraguado y endurecimiento del material, esta característica inherente del hormigón incrementa, independientemente del tipo de agregado fino. Sin embargo, se debe mencionar que las probetas cuyo agregado fino es proveniente de la cantera AFSD tienen un mayor índice de resistividad en comparación a la de origen de la cantera AFM, alcanzando su máximo valor a los 28 días.

Así mismo, se plantea que la resistividad eléctrica es directamente proporcional a la resistencia a compresión del hormigón, es decir que entre más alta sea su resistencia eléctrica se tiende a que el hormigón presente una mayor resistencia a compresión.

El promedio de resistencia a compresión, a los 28 días de curado, para el hormigón con agregado fino AFSD es de 236.34 kg/cm^2 , mientras que el agregado fino AFM alcanzó un valor de 173.02 kg/cm^2 ; es importancia mencionar que el diseño tenía como finalidad alcanzar una resistencia de 210 kg/cm^2 y una resistencia característica de 294 kg/cm^2 , mismas que en el primer caso se cumplen, no obstante para las probetas de la cantera AFM, ésta está por debajo de lo requerido, lo que indica que las características del agregado utilizado no son las mejores, pudiendo evidenciarse en los distintos ensayos de caracterización del agregado, además al momento de la rotura de cada uno de los cilindros era notable la poca adherencia que tenía este agregado con el resto, razón también para que su resistencia baje considerablemente.

En la figura 7, la resistividad eléctrica se presenta en función a los días de curado, reflejando que a los 28 días se alcanza el valor máximo. Para las probetas cuyo agregado fino es de la cantera AFSD se obtuvo un a resistividad igual a $9.2 \text{ K}\Omega\cdot\text{cm}$ mientras que el agregado fino de AFM tuvo un valor de $7.2 \text{ K}\Omega\cdot\text{cm}$.

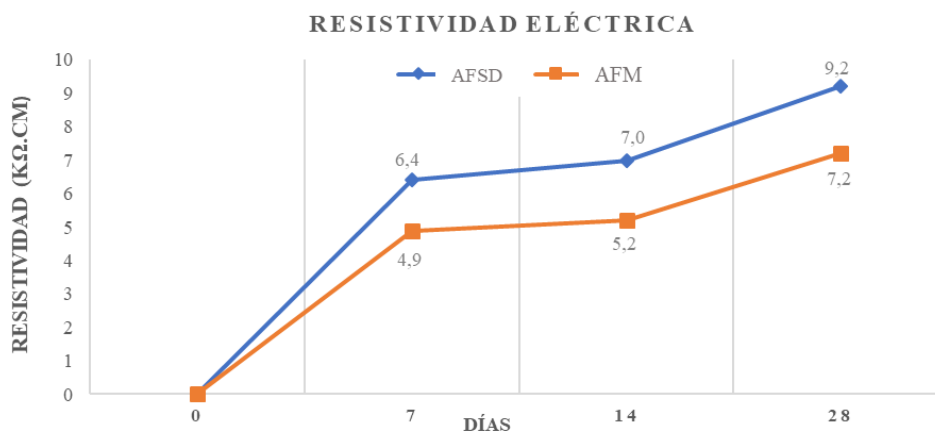


Figura 11: Resistividad eléctrica

En base a las figuras 12 y 13, se aprecia que el desarrollo de la resistividad eléctrica es paralelo a la resistencia a compresión del hormigón, lo cual permite predecir la resistencia del material, y por consiguiente deducir el “factor de edad” del mismo. Este parámetro es importante al momento de determinar la durabilidad del hormigón, pues permite establecer el grado de humedad presente en el material de estudio.

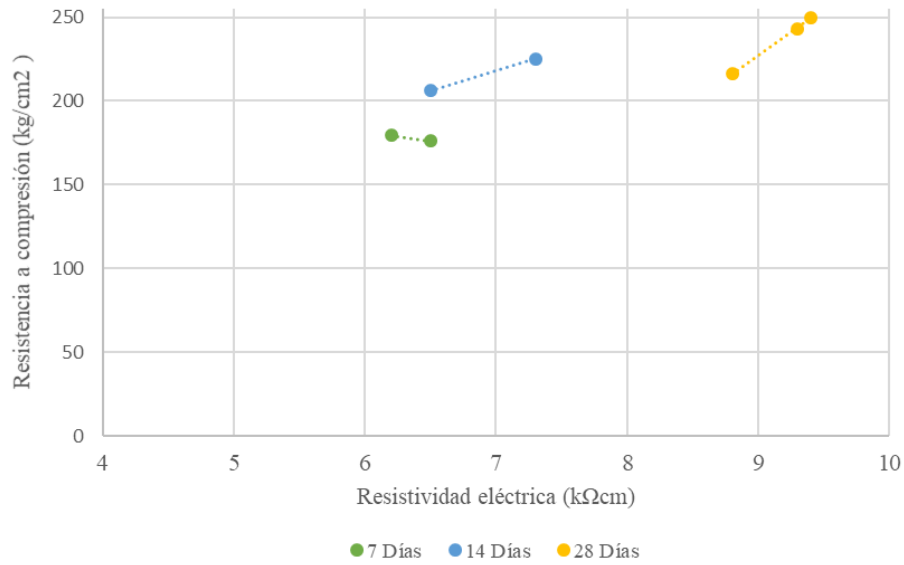


Figura 12: Relación entre resistencia a compresión y resistividad eléctrica (AFSD)

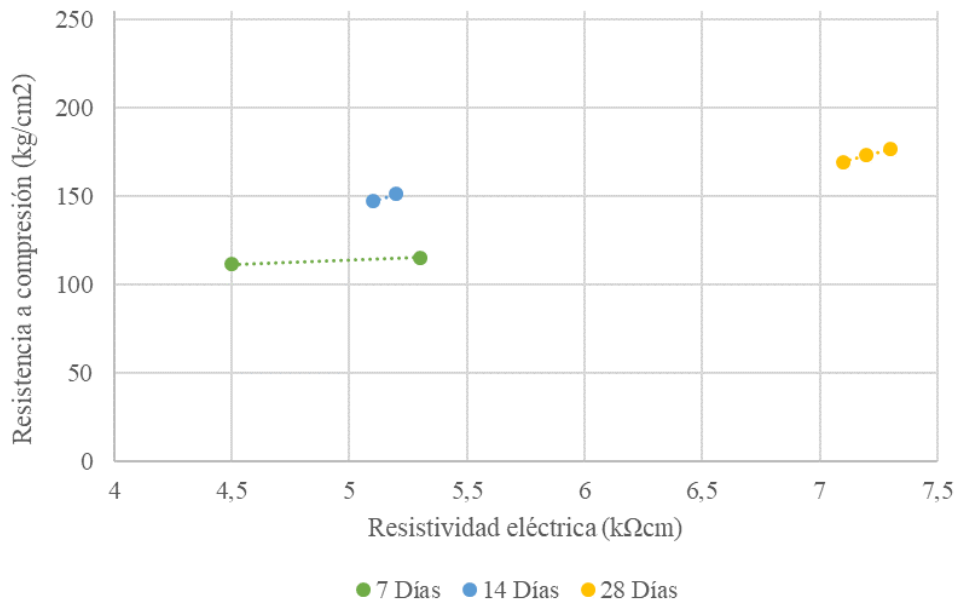


Figura 13: Relación entre resistencia a compresión y resistividad eléctrica (AFM)

Se puede resumir que, estos resultados son indicadores del comportamiento durable del hormigón, dado que esta característica del material tiene una relación directa con el tiempo de fraguado y la resistencia mecánica del mismo; permitiendo afirmar que el hormigón que contiene

en su composición el agregado AFSD es mejor material que, el que tiene agregados finos de la cantera AFM.

Conclusiones

En base a la investigación teórica y la realización de los ensayos pertinentes, se plantean las siguientes conclusiones

- La resistividad eléctrica del hormigón tiende a aumentar con el tiempo, lo que indica el proceso continuo de fraguado que experimenta durante su fase inicial; teniendo una relación directa con la resistencia a compresión y, por consiguiente, la durabilidad del material.
- La saturación de los poros del hormigón y la hidratación de la mezcla, tienen un impacto importante en la resistividad eléctrica del material. Además, es importante mencionar que, otros factores a considerar son: tipo de cemento, relación agua/cemento (a/c), porosidad de la estructura y, la forma y textura de los agregados.
- Referente al agregado fino, este tiene un impacto importante en la mezcla del hormigón, pues afecta en la cantidad de agua requerida, mismo que incide directamente en la calidad del material obtenido. Razón por la cual es fundamental su caracterización, siendo la forma y textura de los agregados finos, una de las principales propiedades a analizar, dado que las arenas angulares tendrán un menor asentamiento en comparación con las que tienen forma redondeada y textura lisa; lo que se ve reflejado en la resistividad eléctrica y resistencia a compresión del hormigón.

Referencias

1. AASHTO TP 95- 11: Standard Method of Test for Surface Resistivity of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC
2. ASTM C 39/C 39M: The American Society for Testing Materials, Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens
3. Guerra-Mera, J. C., Puig-Martínez, R., Castañeda-Valdés, A., & Baque-Campozano, B. P. (2023). Estado del arte sobre durabilidad de estructuras de hormigón armado en perfiles

- costeros. Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación, 6(11), 2-20. doi:<https://doi.org/10.46296/ig.v6i>
4. Guerra, J. C., Howland, J., & Catañeda Valdés, A. (2017). Primeras experiencias en el desempeño por durabilidad de un hormigón antes de usarlo en el perfil costero de Manabí, Ecuador. Revista CENIC Ciencias Químicas, 48(1), 27-40. Obtenido de <https://revista.cnic.edu.cu/index.php/RevQuim/article/view/122>
 5. Juela, D., Bermeo, J., & Alvarez, D. (2020). Resistencia a la compresión y resistividad eléctrica de hormigones elaborados con materiales cementicios suplementarios y agregados reciclados. Revista Ingeniería De Obras Civiles, 10(1), 32-44. Obtenido de <https://revistas.ufro.cl/ojs/index.php/rioc/article/view/2129>
 6. Martínez, J. R., Díaz, N. E., & Castillo, A. (2018). La resistividad eléctrica como herramienta para el control de la calidad del hormigón. Revista Arquitectura e Ingeniería, 12(3). Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6759922>
 7. Ortiz, E., Macías, L., Delgado, D., & Zambrano, A. (2020). Análisis comparativo entre un diseño de hormigón convencional y otro con fibras de polipropileno empleadodo agregados de la cantera basáltica Picoazá. Memorias de la Décima Conferencia Iberoamericana de Complejidad, Informática y Cibernética (CICIC 2020), 2. Ecuador. Obtenido de <https://www.iiis.org/CDs2020/CD2020Spring/PapersC2.htm#/>
 8. Parrales-Espinales, V. J., Chiliquinga-Lago, B., & Guerra-Mera, J. C. (2023). Composición de mezclas de agregados gruesos y finos en la resistencia a la compresión y porosidad del hormigón Composition of coarse and fine aggregate mixtures on the compressive strength and porosity of concrete Composição de misturas de agregados graúdos e miúdos na resistênciã. Polo del Conocimiento, 8(11), 600-613. DOI: 10.23857/pc.v8i11.6227
 9. Santamaría, J. L., Adame, B., & Bermeo, C. (2021). Influencia de la calidad de los agregados y tipo de cemento en la resistencia a la compresión del hormigón dosificado al volumen. Revista Digital Novasinerгия, 4(1), 91-101. doi:<https://doi.org/10.37135/ns.01.07.05>
 10. Villagrán-Zaccardi, Y., Pico-Cortés, C. M., & Zeg, C. J. (2019). Incidencia del árido reciclado sobre la durabilidad del hormigón armado frente a la corrosión. [Conferencia magistral] XV Congreso Latinoamericano de Patología de Construcción y XVII Congreso

de Control de Calidad en la Construcción, 1. La Plata, Argentina. Obtenido de
<https://doi.org/10.21041/CONPAT2019/V3REC385CMP>

© 2024 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).