

# Estudio comparativo de resistencias a la compresión en hormigones de 24 Mpa empleando agregados finos procedente de los ríos de Manabí

Ruiz Párraga Wilter Enrique<sup>1</sup>Ortega Bravo Bolívar Humberto<sup>2</sup>Véliz Párraga José Fabián<sup>3</sup> Guerra Mera Juan Carlos<sup>4</sup> Panchana Cedeño Ramona<sup>5</sup>

*Universidad Técnica de Manabí, Ecuador, Av. Urbina y Che Guevara, Portoviejo*  
*wilter.ruiz@utm.edu.ec, boliva.ortega@utm.edu.ec, jose.veliz@utm.edu.ec,*  
*juan.guerra@utm.edu.ec, ramona.panchana@utm.edu.ec*

Recibido: 7/09/2021

Aceptado:23/11/2020

## Resumen.

Las arenas de río son materiales empleados para las construcciones de viviendas y demás obras pequeñas que se realizan en los sectores alejados de las canteras, pero a su vez están cerca de meandros de ríos para su extracción y empleo. Por el uso que se da a este material, se creyó necesario realizar los ensayos físicos y mecánicos que tiene las arenas de varios ríos de la provincia de Manabí, exclusivamente los que atraviesan los cantones de Paján, Calceta y Olmedo, para posterior a ello realizar las dosificaciones del hormigón según lo establece la ACI 211.1 y las normativas ecuatorianas, se realizaron probetas cilíndricas que permaneciendo en curado húmedo por un tiempo de 28 días, para realizar el ensayo de resistencia a la compresión, también se realizó el ensayo de resistividad superficial según lo establece la ASTM C1 202, 2012, para correlacionar los datos y establecer los usos apropiados de las arenas de los ríos en mención, Finalmente se obtuvieron los datos de los ensayos determinando que las arenas de los ríos mencionados no cumplen con las condiciones para su uso en obras que requieran hormigón de tipo estructural.

**Palabras claves:** Arena de río, resistencia a la compresión, resistividad superficial.

## (a) Abstract

River sands are materials used for the construction of houses and other small works that are carried out in sectors far from the quarries, but in turn are close to meandering rivers for their extraction and use. Due to the use that is given to this material, it was believed necessary to carry out the physical and mechanical tests that the sands of several rivers in the province of Manabí have, exclusively those that cross the cantons of Paján, Calceta and Olmedo, to later carry out the concrete dosages as established by ACI 211.1 and the Ecuadorian regulations, cylindrical test tubes were made that, remaining in wet curing for a time of 28 days, to carry out the compression resistance test, the surface resistivity test was also carried out according to It is established by ASTM C1 202, 2012, to correlate the data and establish the appropriate uses of the sands of the rivers in question. Finally, the data of the tests were obtained determining that the sands of the mentioned rivers do not meet the conditions for their use in works that require structural concrete.

**Keys Words;** River sand, compressive strength, surface resistivity

## I. INTRODUCCIÓN

El hormigón es uno de los materiales más empleados en las construcciones de obras civiles, en tiempos actuales, así como en épocas anteriores, su uso y su versatilidad ha hecho que este elemento sea altamente empleado, por ello se han generado diferentes formas se extracción de la materia prima

que lo componen, como son los áridos gruesos y finos, el cemento, el agua, las adiciones y los aditivos.

Manabí es una provincia del Ecuador, que se encuentra atravesada por diferentes ríos, los mismos que poseen amplios meandros, que son explotados por los moradores de la zona o constructores que necesitan arenas y que se encuentran a distancias lejanas de canteras que puedan proveer de dicho material.

El objetivo de esta investigación, consiste en realizar los ensayos físicos y mecánicos de las arenas provenientes de los ríos Paján, Calceta y Olmedo en cotas que fueron definidas como punto de estudio, por poseer meandros en explotación, en este trabajo por cada río se analizaron tres meandros y de ellos se obtuvieron tres calicatas y en cada calicata se extrajeron muestras de arena a profundidades de 1: 1,5 y 2 m con el fin de determinar la mejor arena para su empleo en el hormigón.

Posterior a ello se realizó la dosificación del hormigón, considerando la normativa vigente en el Ecuador y por el American Concrete Institute (ACI), se realizaron probetas cilíndricas para ser sumergidas en piscinas de curados por un tiempo de 28 días, también se realizó el ensayo de resistividad superficial, a través del dispositivo Giatec Surf™.

Los ensayos fueron realizados en el laboratorio de hormigón de la facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Química de la Universidad Técnica de Manabí, el árido grueso su procedencia es la cantera de grueso fue obtenido de una de las canteras que se encuentran en la parroquia Picoazá, cuyo tipo de roca es el basalto, se empleó cemento puzolánicos tipo GU, el agua de amasado y curado es la procedente de los acueductos de la ciudad de Portoviejo.

De los resultados obtenidos, se puede inferir que los tres ríos presentan arenas con módulos de finuras muy bajos, llevándolos a la categoría de extrafino porque sus diámetros son inferiores a 2 mm, de los ensayos de resistencia a la compresión, se deduce que solo en el río Olmedo dos de los tres meandros, muestran valores aceptables en este ensayo. En el ensayo de resistividad superficial realizado a los 28 días de curado húmedo ninguno de los tres ríos

presentan valores aceptables con relación a la tabla 26.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### A. Materiales

En el presente estudio comparativo de resistencias a la compresión en hormigones de 24 Mpa, se emplearon los siguientes materiales:

Áridos gruesos: según (NTE INEN 872:2011, 2011) los agregados gruesos consisten en una grava o una combinación de gravas o agregados triturados cuyas partículas sean predominantemente mayores a 5 mm y generalmente entre 9,5 mm y 38 mm.

Los agregados gruesos empleados en este trabajo son de tipo basálticos, provenientes de una de las canteras, ubicada en el sector de Picoazá, de la ciudad de Portoviejo.

De los ensayos realizados al árido grueso, empleando las Normas Técnicas del Ecuador, se obtuvieron los siguientes valores: Granulometría del árido grueso (NTE INEN 696:2011, 2011), tamaño máximo nominal de 3/4 de pulgadas. Contenido de humedad natural (NTE INEN 0862: 2011, 2011) 4,33%. Peso unitario suelto y compactado (NTE INEN 858:2010, 2010) el PUS 3,874 kg/ cm<sup>3</sup> , PUC 4,25 kg/ cm<sup>3</sup>. Gravedad específica y absorción del árido grueso (NTE INEN 0857, 2010, 2010) PEC 2,607 kg/ cm<sup>3</sup> , PES 2,659 kg/ cm<sup>3</sup> , PEA 2,749 kg/ cm<sup>3</sup>, % de absorción 1, 981%.

Áridos finos: la (NTE INEN 872:2011) establece que las arenas pueden ser de tipo natural, elaboradas o una combinación de ellas, siendo la mayoría de sus partículas menores que 5 mm.

Clasificación de agregado fino:

- Arena fina: granos que pasan por un tamiz de 1mm de diámetro, a su vez retenidos por otro de 0.25mm.
- Arena media: aquella de granos que pasan por tamiz de 2.5mm de diámetro retenidos por otro de 1mm.

Arena gruesa: partículas que pasan por un tamiz de 5mm de diámetro y son retenidos por otro de 2.5mm (Toachi, 2019)

Para la presente investigación se aprovecharon las arenas naturales procedente de varios ríos de la provincia de Manabí, específicamente: Río Paján, desde las abscisas: (3+100-2+740), (2+400 - 2+000), (1+940 - 1+680), el Río Quiroga-Calceta, desde las abscisas: (0+020 hasta 2+820); el Río Puca del cantón Olmedo desde las abscisas: (3+300 hasta

2+740), (2+600 hasta 2+400), (2+020 hasta 1+600), (1+160 hasta 0+840), (0+340 hasta 0+020)

El agregado fino usado para esta investigación según los ensayos de laboratorio, muestran los valores que se indican:

En los tres ríos objetos de estudio, se analizaron tres meandros, en cada uno de ellos, se realizaron tres calicatas. Para esta investigación se trabajó con los valores promedios de las calicatas en cada uno de los meandros, en los diferentes ensayos.

Las abscisas de los meandros de los ríos donde fueron extraída las muestras son:

**Río Paján;** meandro 1, abscisa 3+100 - 2+740 , meandro 2, abscisa 2+400 - 2+000, meandro 3, abscisa 1+940 - 1+680.

**Río Olmedo,** meandro 1, abscisa 3, meandro 2, abscisa 3+300 HASTA 2+740, meandro 3, abscisa 2+020 HASTA 1+600

Finalmente, el **río Calceta** meandro 1, Zona 17M, coordenadas UTM: 0600684 99022363, meandro 2, abscisa 3+300 HASTA 2+740, meandro 3, abscisa 2+020 HASTA 1+600

Ensayos realizados al árido fino de los diferentes ríos objetos de estudio.

### Río Paján

Granulometría del árido fino (NTE INEN 696:2011, 2011)

|           |                |      |
|-----------|----------------|------|
| Meandro 1 | Prom. Calicata | 1.37 |
| Meandro 2 | Prom. Calicata | 1,03 |
| Meandro 3 | Prom. Calicata | 1.08 |

Tabla 1 Ensayo de granulometría promedio del árido fino río Paján

Contenido de humedad natural (NTE INEN 0862: 2011, 2011)

|           |                |       |
|-----------|----------------|-------|
| Meandro 1 | Prom Calicatas | 13,16 |
| Meandro 2 | Prom Calicatas | 12,12 |
| Meandro 3 | Prom Calicatas | 16,9  |

Tabla 2 Ensayo de contenido de humedad promedio del árido fino río Paján

Peso unitario suelto y compactado (NTE INEN 858:2010, 2010)

|           |                    |      |
|-----------|--------------------|------|
| Meandro 1 | PUS Prom Calicatas | 1,30 |
|           | PUC Prom Calicatas | 1,46 |
| Meandro 2 | PUS Prom Calicatas | 1,38 |
|           | PUC Prom Calicatas | 1,49 |
| Meandro 3 | PUS Prom Calicatas | 1,29 |
|           | PUC Prom Calicatas | 1,45 |

Tabla 3 Ensayo de los pesos unitarios sueltos y compactados promedios del árido fino del río Paján

Gravedad específica y absorción del árido fino (NTE INEN 0856, 2010, 2010)

|           |                    |      |
|-----------|--------------------|------|
| Meandro 1 | PEC Prom Calicatas | 2,21 |
|           | PES Prom Calicatas | 2,32 |
|           | PEA Prom Calicatas | 2,47 |
|           | % A Prom Calicatas | 4,67 |
| Meandro 2 | PEC Prom Calicatas | 2,41 |
|           | PES Prom Calicatas | 2,53 |
|           | PEA Prom Calicatas | 2,75 |
|           | % A Prom Calicatas | 5,02 |
| Meandro 3 | PEC Prom Calicatas | 2,19 |
|           | PES Prom Calicatas | 2,29 |
|           | PEA Prom Calicatas | 2,45 |
|           | % A Prom Calicatas | 4,89 |

Tabla 4 Ensayo de Gravedad específica y absorción promedio del árido fino del río Paján

Determinación de la humedad total en el árido fino. NTE INEN 859:2010

|           |                |       |
|-----------|----------------|-------|
| Meandro 1 | Prom Calicatas | 13,16 |
| Meandro 2 | Prom Calicatas | 12,12 |
| Meandro 3 | Prom Calicatas | 16,9  |

Tabla 5 Ensayo para la determinación de la humedad total promedio en el árido fino del río Paján

Determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino para hormigón. NTE INEN 855:2010

|           |                |   |
|-----------|----------------|---|
| Meandro 1 | Prom Calicatas | 2 |
| Meandro 2 | Prom Calicatas | 2 |
| Meandro 3 | Prom Calicatas | 2 |

Tabla 6 Ensayo para la Determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino del río Paján

### Río Olmedo

Granulometría del árido fino (NTE INEN 696:2011, 2011)

|           |                |      |
|-----------|----------------|------|
| Meandro 1 | Prom Calicatas | 1,63 |
| Meandro 2 | Prom Calicatas | 1,73 |
| Meandro 3 | Prom Calicatas | 1,96 |

Tabla 7 Ensayo de Granulometría del árido fino Río Olmedo

Contenido de humedad natural (NTE INEN 0862: 2011, 2011)

|           |                |      |
|-----------|----------------|------|
| Meandro 1 | Prom Calicatas | 5,91 |
| Meandro 2 | Prom Calicatas | 8,39 |
| Meandro 3 | Prom Calicatas | 5,82 |

Tabla 8 Ensayo de contenido de humedad promedio del árido Río Olmedo

Peso unitario suelto y compactado (NTE INEN 858:2010, 2010)

|           |                    |      |
|-----------|--------------------|------|
| Meandro 1 | PUS Prom Calicatas | 1,37 |
|           | PUC Prom Calicatas | 1,5  |
| Meandro 2 | PUS Prom Calicatas | 1,31 |
|           | PUC Prom Calicatas | 1,46 |
| Meandro 3 | PUS Prom Calicatas | 1,4  |
|           | PUC Prom Calicatas | 1,54 |

Tabla 9 Ensayo de los pesos unitarios sueltos y compactados promedios del árido fino Río Olmedo

Gravedad específica y absorción del árido fino (NTE INEN 0856, 2010, 2010)

|           |                    |       |
|-----------|--------------------|-------|
| Meandro 1 | PEC Prom Calicatas | 2,34  |
|           | PES Prom Calicatas | 2,44  |
|           | PEA Prom Calicatas | 2,6   |
|           | %A Prom Calicatas  | 4,36  |
| Meandro 2 | PEC Prom Calicatas | 2,08  |
|           | PES Prom Calicatas | 2,27  |
|           | PEA Prom Calicatas | 2,4   |
|           | %A Prom Calicatas  | 5,34  |
| Meandro 3 | PEC Prom Calicatas | 2,13  |
|           | PES Prom Calicatas | 2,25  |
|           | PEA Prom Calicatas | 2,406 |
|           | %A Prom Calicatas  | 5,413 |

Tabla 10 Ensayo de Gravedad específica y absorción promedio del árido fino del Río Olmedo

Determinación de la humedad total en el árido fino. NTE INEN 859:2010

|           |                |   |
|-----------|----------------|---|
| Meandro 1 | Prom Calicatas | 2 |
| Meandro 2 | Prom Calicatas | 2 |
| Meandro 3 | Prom Calicatas | 2 |

Tabla 11 Ensayo para la determinación de la humedad total promedio en el árido fino del río Olmedo

### Río Calceta

Granulometría del árido fino (NTE INEN 696:2011, 2011)

|           |                |      |
|-----------|----------------|------|
| Meandro 1 | Prom Calicatas | 1,37 |
| Meandro 2 | Prom Calicatas | 1,12 |
| Meandro 3 | Prom Calicatas | 1,01 |

Tabla 12 Ensayo de granulometría promedio del árido fino río Paján

Contenido de humedad natural (NTE INEN 0862: 2011, 2011)

|           |                |       |
|-----------|----------------|-------|
| Meandro 1 | Prom Calicatas | 13,16 |
| Meandro 2 | Prom Calicatas | 12,06 |
| Meandro 3 | Prom Calicatas | 16,94 |

Tabla 13 Ensayo de contenido de humedad natural Río Calceta

(NTE INEN 858:2010, 2010)

|           |                    |      |
|-----------|--------------------|------|
| Meandro 1 | PUS Prom Calicatas | 1,3  |
|           | PUC Prom Calicatas | 1,46 |
| Meandro 2 | PUS Prom Calicatas | 1,38 |
|           | PUC Prom Calicatas | 1,48 |
| Meandro 3 | PUS Prom Calicatas | 1,28 |
|           | PUC Prom Calicatas | 1,47 |

Tabla 14 Ensayo de peso unitario suelto y compactado del Río Calceta

Gravedad específica y absorción del árido fino (NTE INEN 0856, 2010, 2010)

|           |                    |       |
|-----------|--------------------|-------|
| Meandro 1 | PEC Prom Calicatas | 2,183 |
|           | PES Prom Calicatas | 2,474 |
|           | PEA Prom Calicatas | 2,475 |
|           | %A Prom Calicatas  | 4,771 |
| Meandro 2 | PEC Prom Calicatas | 2,296 |
|           | PES Prom Calicatas | 2,542 |
|           | PEA Prom Calicatas | 2,749 |
|           | %A Prom Calicatas  | 5,027 |
| Meandro 3 | PEC Prom Calicatas | 2,187 |
|           | PES Prom Calicatas | 2,261 |
|           | PEA Prom Calicatas | 2,449 |
|           | %A Prom Calicatas  | 4,888 |

Tabla 15 Ensayo de gravedad específica y absorción del árido fino del Río Calceta

Determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino para hormigón. NTE INEN 855:2010

|           |                |   |
|-----------|----------------|---|
| Meandro 1 | Prom Calicatas | 2 |
| Meandro 2 | Prom Calicatas | 2 |
| Meandro 3 | Prom Calicatas | 2 |

Tabla 16 Ensayo determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino para hormigón

Se realizó los ensayos físicos y mecánicos al árido fino proveniente del Río Paján comprobando que cumplen con las condiciones, para poder ser analizada en combinación con los elementos que forman el hormigón.

Analizando el módulo de finura, la arena objeto de estudio en los tres ríos, está en el rango extra fina o muy fina (Gerardo, 2006)

**Cemento portland:** la (NTE INEN 151:2010) define al cemento portland hidráulico como un cemento producido por pulverización de Clinker, consistente esencialmente de silicatos cálcicos hidráulicos cristalinos y que usualmente contiene uno o más de los siguientes elementos: agua, sulfato de calcio, hasta el 5% de piedra caliza y adiciones de proceso.

El material aglutinante empleado fue cemento portland tipo GU usado para todo tipo de edificaciones y construcciones, proveniente de la ciudad de Guayaquil, cuyo peso específico 3150 kg/cm<sup>3</sup>.

**Agua:** Para la mezcla de dosificación del hormigón se utilizó agua del acueducto de la Peso unitario suelto y compactado ciudad de Portoviejo, Ecuador, por ser agua potable según lo establece la norma (NTE INEN 2617, 2012); no fue necesario realizar ensayo asumiendo que este cumple las características y especificaciones óptimas para la mezcla de hormigón.

**Aditivo:** El aditivo empleado fue un superplastificante, cuya función es incrementar y mejorar la trabajabilidad de la mezcla de hormigón en estado fresco.

Es de tipo dispersión a base de melanina formaldehído, este aditivo líquido polimérico se caracteriza por su alto poder dispersante que permite una perfecta distribución de las partículas de cemento del hormigón en estado fresco, compuesto por resinas sintéticas. Superplastificante, reduce el contenido de agua y tiene un alto poder y economizador de cemento, no contiene cloruros; su densidad es de aproximadamente 1,22 kg/l. (Sika. (2014))

## B. Métodos

Los ensayos realizados a los áridos finos y gruesos están contemplados en las Normas Técnicas del Ecuador (NTE), cuya finalidad es identificar la calidad y el cumplimiento de los criterios establecidos para la dosificación de la mezcla del hormigón, según lo establece el ACI 211.1

Además, se consideraron los ensayos al hormigón en estado fresco y endurecidos, según lo establece las normas; entre ellos están: Determinación del asentamiento (NTE INEN 1578, 2010). Elaboración de cilindros de hormigón (NTE INEN 1576, 2011). Resistividad superficial del hormigón (AASHTO TP 95-11, 2011). Resistencia a la compresión de cilindros de hormigón (NTE INEN 1573, 2010)

DISEÑO DE MEZCLA DE HORMIGÓN (kg/m<sup>3</sup>).

## RÍO PAJÁN

| MATERIALES | MEANDRO 1  |            |             |
|------------|------------|------------|-------------|
|            | CALICATA 1 | CALICATA 2 | CALICAT A 3 |
| AGUA       | 190        | 190        | 190         |
| CEMENTO    | 422,1      | 4,28       | 422,21      |
| AREN A     | 779,98     | 858,43     | 766,55      |
| PIEDRA     | 903,29     | 916,21     | 894,63      |

Tabla 17 Diseño de mezcla meandro 1, río Paján

| MATERIALES | MEANDRO 2  |            |             |
|------------|------------|------------|-------------|
|            | CALICATA 1 | CALICATA 2 | CALICAT A 3 |
| AGUA       | 190        | 190        | 190         |
| CEMENTO    | 422,21     | 422,21     | 422,21      |
| AREN A     | 841,53     | 773,85     | 867,82      |
| PIEDRA     | 940,5      | 930,24     | 955,49      |

Tabla 18 Diseño de mezcla meandro 2, río Paján

| MATERIALES | MEANDRO 3  |            |             |
|------------|------------|------------|-------------|
|            | CALICATA 1 | CALICATA 2 | CALICAT A 3 |
| AGUA       | 190,0      | 190        | 190         |
| CEMENTO    | 422,2      | 422,21     | 422,21      |
| AREN A     | 816,4      | 815,26     | 835,28      |
| PIEDRA     | 895,2      | 901,38     | 897,28      |

Tabla 19 Diseño de mezcla meandro 3, río Paján

## RÍO OLMEDO

| MATERIALES | MEANDRO 1  |            |             |
|------------|------------|------------|-------------|
|            | CALICATA 1 | CALICATA 2 | CALICAT A 3 |
| AGUA       | 176,47     | 192,93     | 190         |
| CEMENTO    | 422,21     | 422,21     | 422,1       |
| AREN A     | 678,77     | 662,93     | 688,07      |
| PIEDRA     | 976,17     | 972,34     | 983,69      |

Tabla 20 Diseño de mezcla meandro 1, río Olmedo

| MATERIALES | MEANDRO 2  |            |             |
|------------|------------|------------|-------------|
|            | CALICATA 1 | CALICATA 2 | CALICAT A 3 |
| AGUA       | 190        | 169,13     | 187,75      |
| CEMENTO    | 422,1      | 422,21     | 422,21      |
| AREN A     | 682,04     | 746,87     | 641,84      |
| PIEDRA     | 95,15      | 849,91     | 927,16      |

Tabla 21 Diseño de mezcla meandro 2, río Olmedo

| MATERIALES | MEANDRO<br>3  |               |                |
|------------|---------------|---------------|----------------|
|            | CALICATA<br>1 | CALICATA<br>2 | CALICAT<br>A 3 |
| AGUA       | 191,16        | 190           | 199,93         |
| CEMENTO    | 422,21        | 422,21        | 422,21         |
| ARENA      | 640,11        | 676,4         | 702,62         |
| PIEDRA     | 916,3         | 987,36        | 828,02         |

Tabla 22 Diseño de mezcla meandro 3, río Olmedo

## RÍO CALCETA

| MATERIALES | MEANDRO<br>1 |               |                |
|------------|--------------|---------------|----------------|
|            | CALICATA 1   | CALICATA<br>2 | CALICAT<br>A 3 |
| AGUA       | 190          | 190           | 190            |
| CEMENTO    | 422,1        | 422,21        | 422,21         |
| ARENA      | 710,6        | 687,58        | 728,26         |
| PIEDRA     | 744,43       | 840,37        | 813,48         |

Tabla 23 Diseño de mezcla meandro 1, río Calceta

| MATERIALES | MEANDRO<br>2  |               |                |
|------------|---------------|---------------|----------------|
|            | CALICATA<br>1 | CALICATA<br>2 | CALICAT<br>A 3 |
| AGUA       | 190           | 190           | 190            |
| CEMENTO    | 422,21        | 422,21        | 422,21         |
| ARENA      | 655,74        | 734,73        | 772,63         |
| PIEDRA     | 732,89        | 812,07        | 772,63         |

Tabla 24 Diseño de mezcla meandro 2, río Calceta

| MATERIALES | MEANDRO<br>3  |               |                |
|------------|---------------|---------------|----------------|
|            | CALICATA<br>1 | CALICATA<br>2 | CALICAT<br>A 3 |
| AGUA       | 190           | 190           | 190            |
| CEMENTO    | 422,21        | 422,21        | 422,21         |
| ARENA      | 751,66        | 671,89        | 590,55         |
| PIEDRA     | 751,66        | 909,02        | 885,82         |

Tabla 25 Diseño de mezcla meandro 3, río Calceta

Las diferentes dosificaciones por meandros de los ríos y calicatas. Se ejecutaron, a nivel de laboratorio, realizándose el ensayo de asentamiento a cada una de las mezclas obtenidas, posterior a ello, se realizó el proceso de mezclado y vertido del hormigón en las probetas cilíndricas de dimensiones de 10 cm de diámetro por 20 cm de altura, como se encuentra estipuladas en la (NTE INEN 1576, 2011).

Para el ensayo de consistencia del hormigón se empleó el cono de Abrams, vertiendo uniformemente 3 capas de hormigón cada una a un tercio del volumen del molde, se procedió a compactar cada capa con 25 golpes, utilizando una varilla lisa, se enrasó la parte superior del cono y se retiró los excedentes de hormigón en su base, de inmediato se levantó el molde en un intervalo de 3 a 7 segundos para medir su asentamiento según lo establece la (NTE INEN 1578, 2010)

En la elaboración de las probetas de hormigón se llenaron a dos capas iguales y compactados a 25 golpes uniformemente por capa, se empleó una varilla lisa de acero de punta redondeada, inmediatamente se dejó fraguar las mezclas de hormigón por un periodo de 24 horas, pasado el tiempo indicado, se procedió ubicándose en la piscina de curado la cual contiene agua potable saturada con cal, tal como lo establece (NTE INEN 2528, 2010).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## A. Ensayo de resistencia a la compresión

Para desarrollar este ensayo se aplicó la norma (NTE INEN 1573:2010, 2010) que establece los criterios para el ensayo, el cual consiste en aplicar una carga axial de compresión a los cilindros moldeados de hormigón de cemento hidráulico a una velocidad que se encuentra dentro de un rango definido hasta que ocurra la falla del espécimen. La resistencia a la compresión de un espécimen se calcula dividiendo la carga máxima alcanzada durante el ensayo para el área de la sección del espécimen.

En esta investigación, las probetas cilíndricas permanecieron durante un periodo máximo de 28 días en curado húmedo, realizando rupturas a los días intermedios de 7, 14 y 28 días para evaluar el comportamiento de la resistencia del hormigón en a través del tiempo.

Los datos obtenidos de los ensayos de resistencia a la compresión están dados en las unidades de ( $\text{kg/cm}^2$ ), las informaciones estadísticas de los datos se muestran en barras con los valores de resistencias, obtenidos para las edades ya indicadas en el diseño.

## Río Paján

Ensayo de resistencia a la compresión, Meandro 1, calicatas 1, 2 y 3

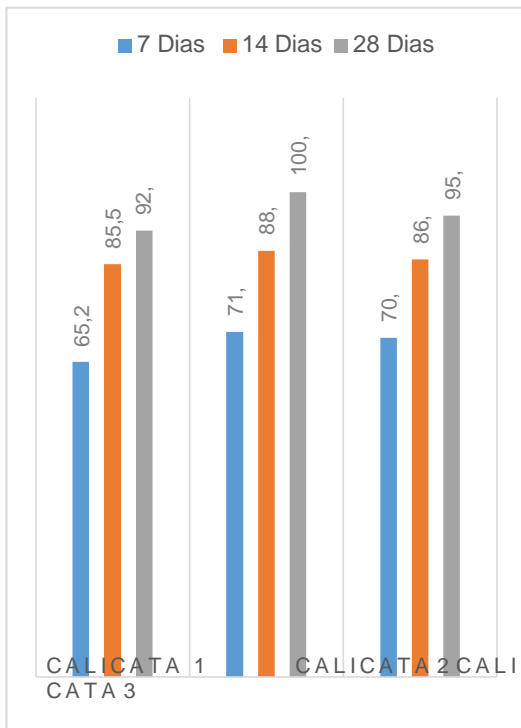


Gráfico estadístico 1 Ensayo de Resistencia a compresión, meandro 1, calicatas 1, 2 y 3, río Paján

Ensayo de resistencia a la compresión, Meandro 3, calicatas 1, 2 y 3

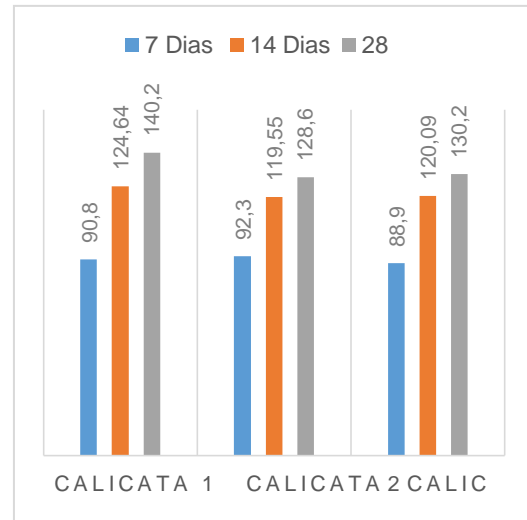


Gráfico estadístico 3, Ensayo de Resistencia a compresión, meandro 3, calicatas 1, 2 y 3, río Paján

En la tabulación de los datos recogido del río Paján, se determina que en los tres meandros y en las calicatas de cada uno de ellos, las resistencias obtenidos son inferiores a la resistencia de diseño de diseño de este proyecto.

Ensayo de resistencia a la compresión, Meandro 2, calicatas 1, 2 y 3

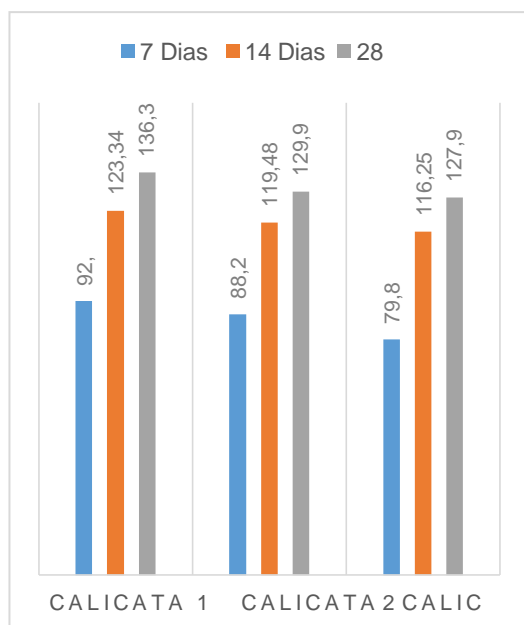


Gráfico estadístico 2 Ensayo de Resistencia a compresión, meandro 2, calicatas 1, 2 y 3, río Paján

### Río Olmedo

Ensayo de resistencia a la compresión, Meandro 1, calicatas 1, 2 y 3

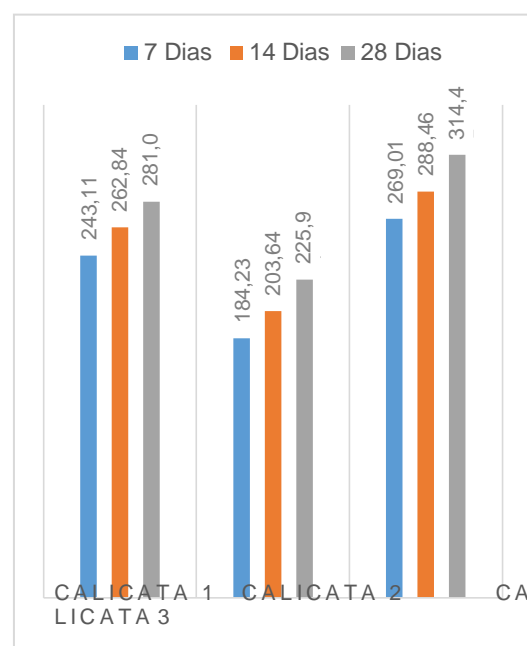


Gráfico estadístico 4 Ensayo de Resistencia a compresión, meandro 1, calicatas 1, 2 y 3, río Paján

Ensayo de resistencia a la compresión, Meandro 2, calicatas 1, 2 y 3

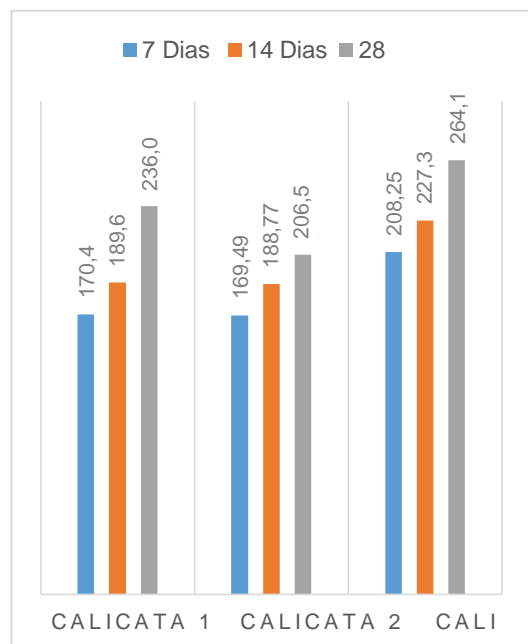


Gráfico estadístico 5 Ensayo de Resistencia a compresión, meandro 2, calicatas 1, 2 y 3, río Paján

Ensayo de resistencia a la compresión, Meandro 3, calicatas 1, 2 y 3

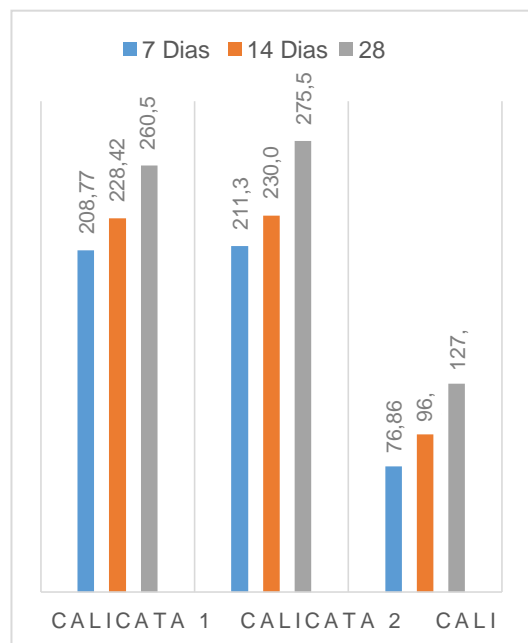


Gráfico estadístico 6 Ensayo de Resistencia a compresión, meandro 3, calicatas 1, 2 y 3, río Paján

Al realizar el análisis de los tres meandros y de sus respectivas calicatas, se observa que todos los ensayos dan satisfactorio en el ensayo de resistencia a la compresión, exceptuando en el meandro 3, calicata 3, que muestra un valor inferior al de resistencia característica.

### Río Calceta

Ensayo de resistencia a la compresión, Meandro 1, calicatas 1, 2 y 3

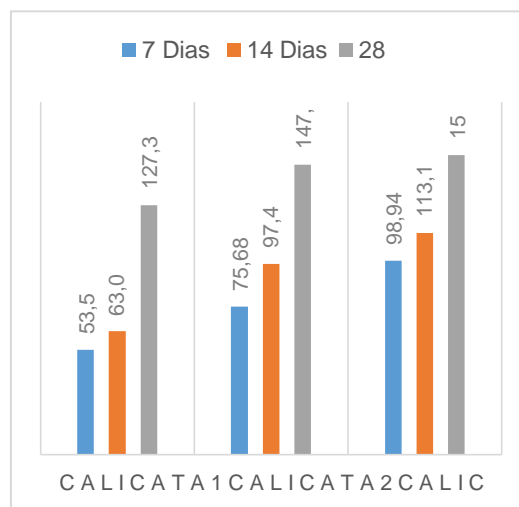


Gráfico estadístico 7 Ensayo de Resistencia a compresión, meandro 1, calicatas 1, 2 y 3, río Paján

Ensayo de resistencia a la compresión, Meandro 2, calicatas 1, 2 y 3

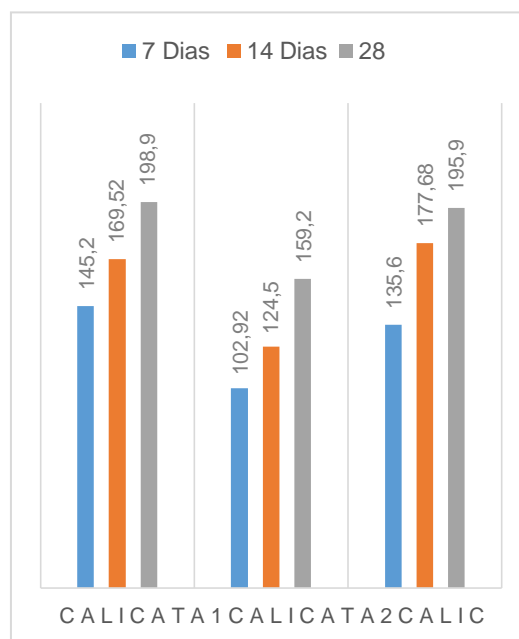




Gráfico estadístico 8 Ensayo de Resistencia a compresión, meandro 2, calicatas 1, 2 y 3, río Paján

Ensayo de resistencia a la compresión, Meandro 3, calicatas 1, 2 y 3

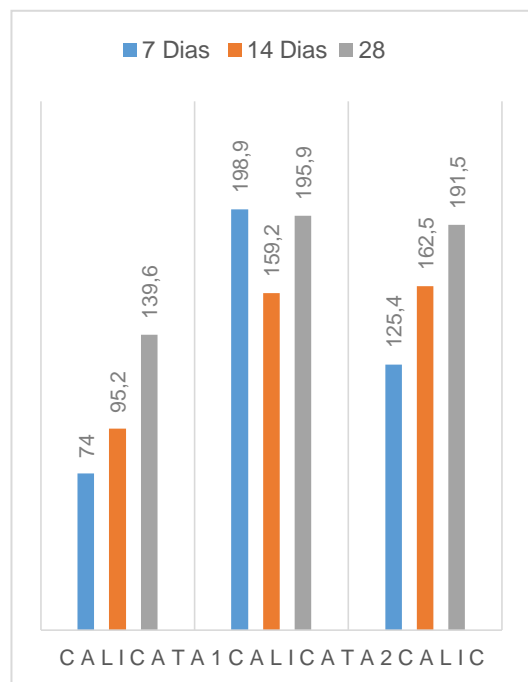


Gráfico estadístico 9 Ensayo de Resistencia a compresión, meandro 3, calicatas 1, 2 y 3, río Paján

Al analizar los valores de resistencia a la compresión del hormigón empleando el agregado fino proveniente del río Calceta, se determina que en ningún de los tres meandros y en sus respectivas

### B. Resistividad superficial

calicatas se cumplen con la resistencia del proyecto.

El ensayo de resistividad superficial se realizó por medio del dispositivo Giatec Surf, por medio del cual se mide la resistividad eléctrica superficial de los cilindros de hormigón endurecido, este se basa en la técnica de 4 electrodos, normalizada por la AASHTO TP95-11-2011. Las características están dadas por la tabla siguiente.

Tabla del dispositivo Giatec Surf <sup>TM</sup> para medir la resistividad eléctrica superficial a los 28 días de curado húmedo.

| Penetración de Cloruro | Resistividad superficial 28 días (KΩ.cm ) |
|------------------------|---|
|------------------------|---|

|              |          |
|--------------|----------|
| Alto         | < 10     |
| Moderar      | 10 - 15  |
| Bajo         | 15 - 25  |
| Muy Alto     | 25 - 200 |
| Despreciable | > 200    |

Tabla 26 dispositivos Giatec Surf <sup>TM</sup>

Se realizó el análisis de los tres meandros y sus respectivas calicatas al igual que en el ensayo de compresión realizado a los 28 días de curado húmedo, sus unidades están dadas en KΩ.cm De la tabulación, se obtuvieron las siguientes gráficas.

### Río Paján

Ensayo de resistividad superficial, Meandro 1, calicatas 1, 2 y 3

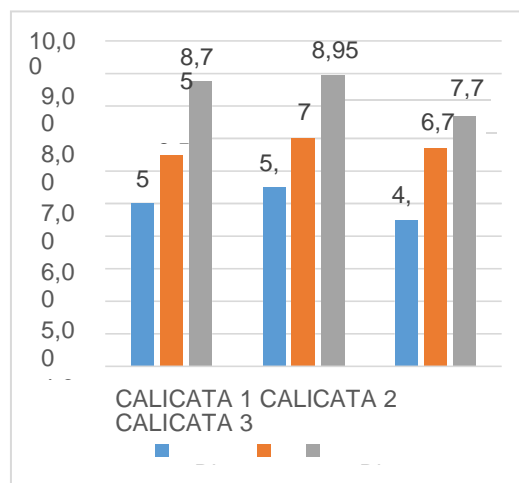


Gráfico estadístico 10, Ensayo de resistividad superficial, Meandro 1, calicatas 1, 2 y 3

Ensayo de resistividad superficial, Meandro 2, calicatas 1, 2 y 3

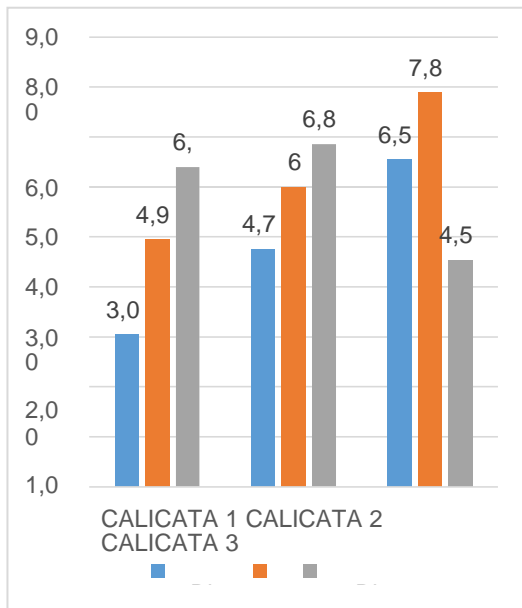


Gráfico estadístico 11 Ensayo de resistividad superficial, Meandro 2, calicatas 1, 2 y 3

Ensayo de resistividad superficial, Meandro 3, calicatas 1, 2 y 3

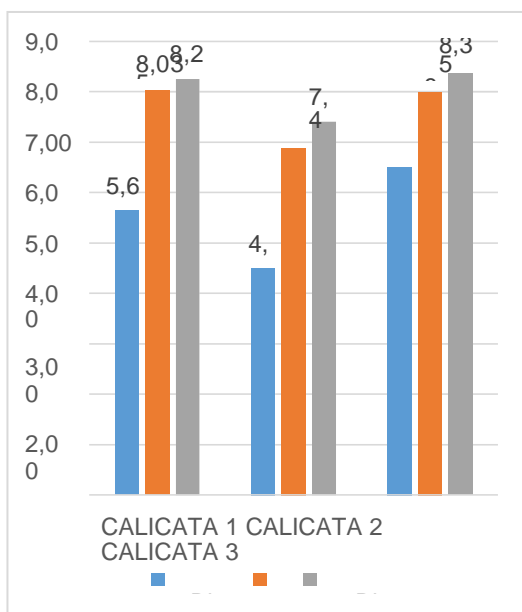


Gráfico estadístico 12 Ensayo de resistividad superficial, Meandro 3, calicatas 1, 2 y 3

Al realizar el análisis de la información tabulada sobre la resistividad superficial a los 28 días, se determinó que las arenas procedentes del río Paján con la cual se realizó la dosificación, muestran valores de menores a 10 KΩ.cm, ubicándolos en la categoría de alto a la penetración de cloruros

**Río Olmedo**

Ensayo de resistividad superficial, Meandro 1, calicatas 1, 2 y 3

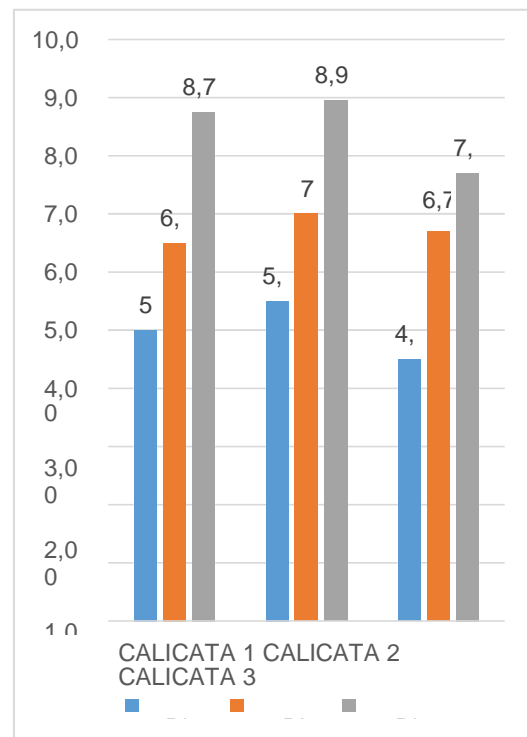


Gráfico estadístico 13 Ensayo de resistividad superficial, Meandro 1, calicatas 1, 2 y 3

Ensayo de resistividad superficial, Meandro 2, calicatas 1, 2 y 3

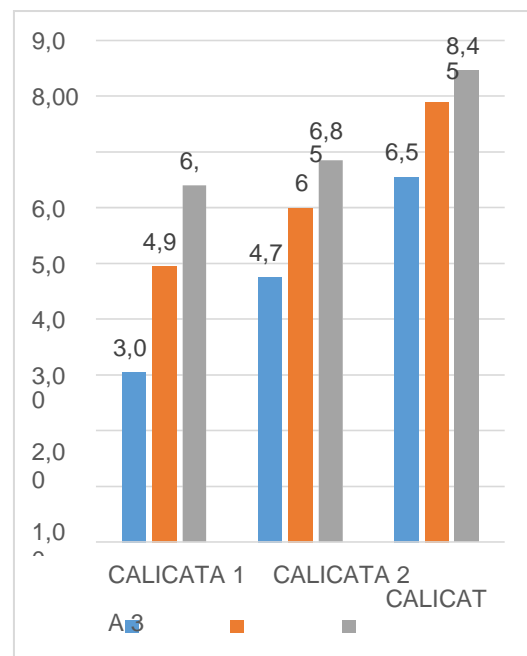


Gráfico estadístico 14 Ensayo de resistividad superficial, Meandro 2, calicatas 1, 2 y 3

Ensayo de resistividad superficial, Meandro 3, calicatas 1, 2 y 3

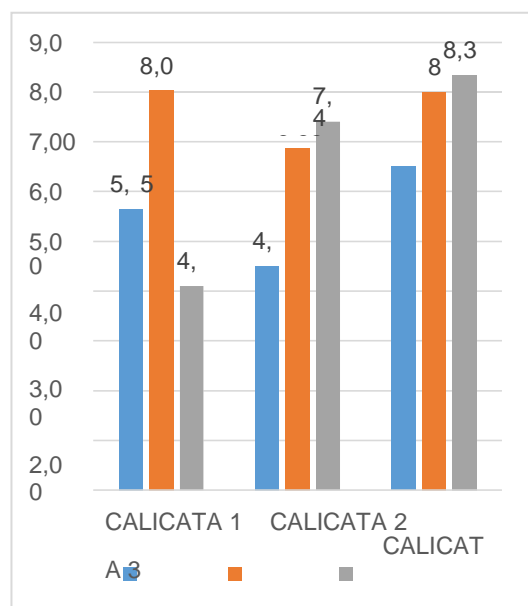


Gráfico estadístico 15 Ensayo de resistividad superficial, Meandro 3, calicatas 1, 2 y 3

El análisis de la resistividad superficial del hormigón realizado con la arena del río Olmedo, muestran valores inferiores a 10 K $\Omega$ .cm, ubicándolos en la categoría de alto a la penetración de cloruros, según la tabla 26

### Río Calceta

Ensayo de resistividad superficial, Meandro 1, calicatas 1, 2 y 3

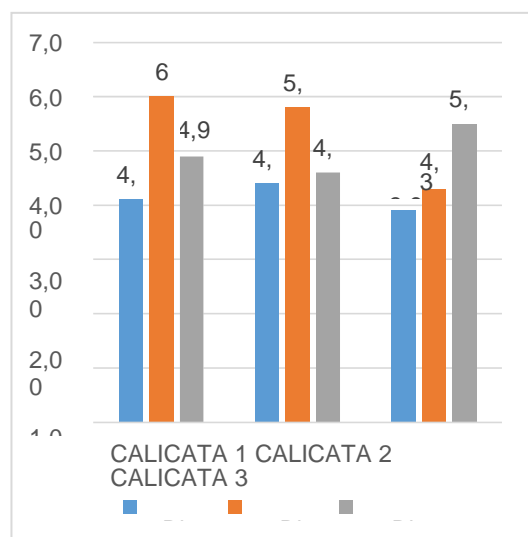


Gráfico estadístico 16 Ensayo de resistividad superficial, Meandro 1, calicatas 1, 2 y 3

Ensayo de resistividad superficial, Meandro 2, calicatas 1, 2 y 3

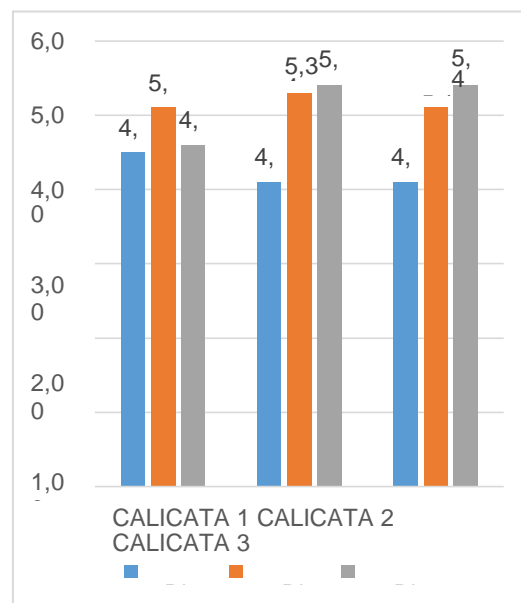


Gráfico estadístico 17 Ensayo de resistividad superficial, Meandro 2, calicatas 1, 2 y 3

Ensayo de resistividad superficial, Meandro 3, calicatas 1, 2 y 3

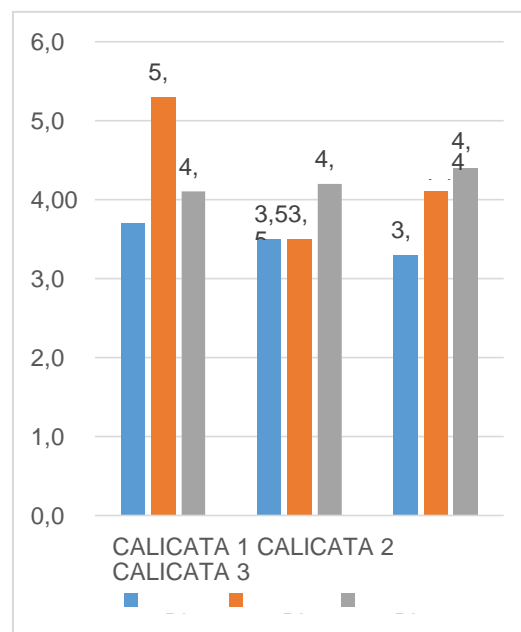


Gráfico estadístico 18 Ensayo de resistividad superficial, Meandro 3, calicatas 1, 2 y 3

Los hormigones elaborados con arena del río Calceta muestran valores inferiores a 10 K $\Omega$ .cm, ubicándolos en la categoría de alto a la penetración de cloruros, según la tabla 26.

## B. CONCLUSIONES

El árido grueso proveniente de la cantera de la parroquia Picoazá cumple con las condiciones de los ensayos y muestra características físicas y mecánicas adecuadas para el hormigón.

El hormigón realizado con la arena procedente del río Paján, no cumplen con las resistencias a la compresión mínima de 210 kg/cm<sup>2</sup>, en ninguno de sus meandros y calicatas, además el ensayo de resistividad superficial muestra valores inferiores a 10, que lo ubica en la categoría de alto a la penetración de ion cloruro.

La arena empleada del río Olmedo, en la mezcla de hormigón muestra valores satisfactorios en el ensayo de resistencia a la compresión, porque supera la resistencia media y característica del proyecto, sin embargo, al analizar el ensayo de resistividad superficial muestra valores inferiores a 10, ubicándolos en la categoría de alto a la penetración de ion cloruro.

El ensayo de resistencia a la compresión, empleando arena del río Calceta muestra que en los tres meandros las resistencias son inferiores a la solicitadas en el proyecto.

## C. REFERENCIAS

- AASHTO TP 95-11. (2011). AASHTO LFRD Bridge Desing Specifications. En *Método estándar de prueba para la resistencia de la superficie Indicación de la capacidad del concreto para resistir la penetración de iones de cloruro*.
- Gerardo, R. (2006). *AGREGADOS PARA MORTERO O CONCRETO*. Obtenido de [ftp://ftp.unicauca.edu.co/Documentos\\_Publicos/Facultades/FIC/IngCivil/Geotecnia/profesor\\_gerardo\\_rivera/FIC%20y%20GEOTEC%20SEM%202%20de%202009/Tecnolog%EDa%20del%20Concreto%20-%2020PDF%20ver.%20202009/Cap.%202%20-%20Agregados%20para%20mortero%20y%20con](ftp://ftp.unicauca.edu.co/Documentos_Publicos/Facultades/FIC/IngCivil/Geotecnia/profesor_gerardo_rivera/FIC%20y%20GEOTEC%20SEM%202%20de%202009/Tecnolog%EDa%20del%20Concreto%20-%2020PDF%20ver.%20202009/Cap.%202%20-%20Agregados%20para%20mortero%20y%20con)
- NTE INEN 696:2011. (01 de Enero de 2011). Áridos, Análisis granulométricos de los áridos, finos y gruesos. Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- NTE INEN 0696. (2011). Instituto Ecuatoriano de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana. En *Aridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso*. Quito.
- NTE INEN 0856. (2010). Instituto Ecuatoriano de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana. En *Aridos. determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino*. Quito.
- NTE INEN 0856, 2010. (01 de enero de 2010). Gravedad específica y absorción de los áridos. Quito, Ecuador.
- NTE INEN 0857. (2010). Instituto Ecuatoriano de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana. En *Aridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido grueso*. Quito.
- NTE INEN 0857, 2010. (2010). Gravedad específica y absorción del árido grueso . Quito, Ecuador.
- NTE INEN 0858. (2010). Instituto Ecuatoriano de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana. En *Aridos. Determinación de la masa unitaria (peso volumetrico) y el porcentaje de vacios*. Quito.
- NTE INEN 0862. (2011). Instituto Ecuatoriano de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana. En *Aridos para hormigón. Determinación del contenido total de humedad*. Quito.
- NTE INEN 0862: 2011. (01 de Enero de 2011). Contenido de humedad natural . Quito, Ecuador.
- NTE INEN 151:2010. (01 de Enero de 2010). Cemento hidráulico definición de términos. Quito, Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- NTE INEN 1573:2010. (2010). Ensayo de resistencia a la compresión. Quito.
- NTE INEN 2617. (2012). Instituto Ecuatoriano de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana. En *Hormigón de cemento hidráulico. Agua para mezcla. Requisitos*. Quito.
- NTE INEN 858:2010. (01 de Enero de 2010). Áridos, Determinación de la masa unitaria, (Peso volumétrico) . Quito, Ecuador .
- NTE INEN 872:2011. (01 de febrero de 2011). Áridos para hormigones. Requisitos . Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización .
- Sika. (2014). (2014). Sikament - N 100. Obtenido de <http://www.ecu.sika.com>
- Toachi, C. P. (2019). Compañía Pétreos del Toachi. Santo Domingo, Ecuador. Obtenido de <http://www.copeto.com.ec/>



Ruiz Párraga W.E. Máster en Docencia e Investigación Educativa, Máster en Ingeniería Civil, mención Tecnología de los Materiales de construcción, Profesor Titular en la Universidad Técnica de Manabí, en la carrera de Ingeniería Civil, Especialista en materiales de construcción. Escritor de varios Artículos.



Véliz Párraga J.F. Arquitecto, Master en Ciencias Ambientales. Mención Tecnologías y Gestión, Doctor en Ciencias Técnicas (Trámite en proceso SENESCYT), Profesor Titular en la Universidad Técnica de Manabí, en la carrera de Ingeniería Civil. Autor del libro Soluciones para reducir la carga térmica a través de la cubierta. ISBN 978-9942-827-08-1 publicado 11 diciembre 2019. Escritor de varios Artículos.



Ortega Bravo Bolívar Humberto. Arquitecto Magíster en Arquitectura del Paisaje, Profesor Titular Auxiliar en la Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, en el Departamento de Construcciones Civiles dictando materias de Dibujo Cad y Dibujo Civil. Autor de varios artículos.



Panchana Cedeño Ramona Albertina. Ingeniera Civil, Magister en Ciencias, mención Energía, Diploma Superior en Investigación Científica Profesor Titular Principal Tiempo Completo en la Universidad Técnica de Manabí. Autora del libro Formulación y Evaluación de Proyectos con Aplicaciones a la Ingeniería Civil. ISBN-13: 978-1940600000. Escritora de varios artículos.



Guerra Mera Juan Carlos Egresado de PhD en Ciencias Técnicas. Máster en Gerencia Educativa, Docente Titular en la Universidad Técnica de Manabí, en la carrera de Ingeniería Civil, Especialista en Durabilidad de estructuras de hormigón. Escritor de varios artículos científicos