

# Universidad de Costa Rica

CIUDAD UNIVERSITARIA RODRIGO FACIO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

*PROYECTO DE GRADUACIÓN SOMETIDO A CONSIDERACIÓN DE LA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA COMO REQUISITO FINAL PARA  
OPTAR POR EL GRADO DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA QUÍMICA*

---

Proyecto final de graduación

*NOMBRE DEL PROYECTO.*

---

Nombre del sustentante

*San José, 2021.*



## Nombre del proyecto de graduación.

Informe del proyecto de graduación presentado ante la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de Costa Rica como requisito final para optar por el grado de Licenciado en Ingeniería Química.

### Sustentante:

John Doe

### Tribunal examinador:

|   |                         |
|---|-------------------------|
| Ing. John Smith, Ph.D<br>Profesor Catedrático<br>Escuela de Ingeniería Química        | Presidente del tribunal |
| Quím <sup>a</sup> . Mary White, M.Sc<br>Docente<br>Laboratorios XYZ                   | Directora del proyecto  |
| Ing. Mike Fieldsman, Ph.D<br>Profesor Instructor<br>Laboratorio XYZ                   | Miembro lector          |
| Ing <sup>a</sup> . Johanna Peterson, Ph.D<br>Docente<br>Escuela de Ingeniería Química | Miembro lector          |
| Ing. Peter Nino<br>Docente<br>Escuela de Ingeniería Química                           | Miembro lector          |



## RESUMEN

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.



# ÍNDICE

|                                    | <i>Página</i> |
|------------------------------------|---------------|
| <b>RESUMEN</b>                     | <b>iii</b>    |
| <b>CAPÍTULO 1</b>                  |               |
| <b>INTRODUCCIÓN</b>                | <b>1</b>      |
| 1.1 Alcance del proyecto . . . . . | 1             |
| <b>CAPÍTULO 2</b>                  |               |
| <b>ASPECTOS GENERALES</b>          | <b>3</b>      |
| <b>CAPÍTULO 3</b>                  |               |
| <b>Descripción del CAP 3</b>       | <b>5</b>      |
| 3.1 Subtema 1 . . . . .            | 5             |
| 3.2 Subtema 2 . . . . .            | 6             |
| 3.3 Subtema 3 . . . . .            | 6             |
| 3.4 Subtema 4 . . . . .            | 6             |
| 3.5 Subtema 5 . . . . .            | 7             |
| 3.6 Subtema 6 . . . . .            | 7             |
| 3.7 Ejemplo de figura . . . . .    | 8             |
| <b>CAPÍTULO 4</b>                  |               |
| <b>Descripción del CAP 4</b>       | <b>9</b>      |
| 4.1 Subtema 1 . . . . .            | 9             |
| 4.2 Subtema 2 . . . . .            | 10            |
| 4.3 Subtema 3 . . . . .            | 10            |
| 4.4 Subtema 4 . . . . .            | 12            |
| 4.5 Subtema 5 . . . . .            | 12            |
| 4.6 Subtema 6 . . . . .            | 13            |
| 4.7 Subtema 7 . . . . .            | 13            |
| 4.8 Ejemplo de ecuación . . . . .  | 14            |



|   |           |
|---|-----------|
| <b>METODOLOGÍA EXPERIMENTAL</b>                                       | <b>15</b> |
| 5.1 Metodología . . . . .   | 15        |
| 5.1.1 Ensayo A . . . . .  | 15        |
| 5.1.2 Diagrama del equipo . . . . .                                   | 16        |
| 5.1.3 Ensayo B - ASTM C29 - AASHTO T19 . . . . .                      | 17        |
| 5.1.4 Diagrama del equipo . . . . .                                   | 19        |
| 5.1.5 Corte y perfilado del agregado . . . . .                        | 19        |
| 5.1.6 Diagrama de la operación de reducción de la muestra . . . . .   | 21        |
| 5.1.7 Diagrama del equipo . . . . .                                   | 22        |
| 5.1.8 Rectificación superficial . . . . .                             | 22        |
| 5.1.9 Diagrama de la operación de rectificado de la muestra . . . . . | 24        |
| 5.1.10 Diagrama del equipo . . . . .                                  | 25        |
| 5.2 Factores, variables y diseño experimental . . . . .               | 25        |
| 5.3 Diagramas de los equipos adicionales . . . . .                    | 27        |
| 5.3.1 Preparación de las condiciones experimentales . . . . .         | 27        |
| <b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>   | <b>29</b> |
| 6.1 Ensayo A . . . . .  | 29        |
| 6.1.1 Ensayo B . . . . .  | 32        |
| <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>                                 | <b>43</b> |
| <b>NOMENCLATURA</b>   | <b>47</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA</b>   | <b>49</b> |
| <b>APÉNDICES</b>  | <b>51</b> |
| A DATOS EXPERIMENTALES . . . . .                                      | 51        |
| B RESULTADOS INTERMEDIOS . . . . .                                    | 53        |
| C MUESTRA DE CÁLCULO . . . . .  | 54        |
| <b>ANEXOS</b>   | <b>57</b> |
| A Cálculo de las dimensiones características de la muestra . . . . .  | 57        |
| B Anexos gráficos . . . . .   | 62        |



## ÍNDICE DE CUADROS

|                   |  |    |
|-------------------|--|----|
| <b>Cuadro 5.1</b> | Materiales y equipos necesarios para la determinación de la gravedad específica de los agregados . . . . .   | 15 |
| <b>Cuadro 5.2</b> | Materiales y equipos necesarios para la determinación de la densidad e índice de vacíos de agregado mineral calizo y silíceo.                                | 17 |
| <b>Cuadro 5.3</b> | Materiales y equipos necesarios para el corte y perfilado de las muestras a ensayar para energía superficial y adhesión neumática. . . . .                   | 20 |
| <b>Cuadro 5.4</b> | Materiales y equipo necesarios para la rectificación de muestras de agregados calizos y silíceos. . . . .  | 23 |
| <b>Cuadro 5.5</b> | Resumen del diseño factorial para las variables involucradas en la preparación de muestras de agregados calizos y silíceos proveniente de Río Claro. . . . . | 26 |
| <b>Cuadro 6.6</b> | Determinación del porcentaje másico de agregado fracturado según la norma ASTM D5821. . . . .  | 30 |
| <b>Cuadro 6.7</b> | Determinación de la masa seca, saturada y aparente de agregados según ASTM C29. . . . .  | 32 |
| <b>Cuadro 6.8</b> | Modelo lineal del diseño factorial para el ensayo de energía superficial con interacciones de tercer orden. . . . .  | 38 |
| <b>Cuadro A.1</b> | Determinación de la densidad y en condiciones saturadas de humectación y relación de vacíos para cada agregado según ASTM C29. . . . .                       | 51 |
| <b>Cuadro A.2</b> | Determinación del contenido elemental molar, mediante fluorescencia de rayos X, de los agregados calizo y silíceo de Río Claro usados en pavimentos. . . . . | 52 |
| <b>Cuadro B.1</b> | Determinación del volumen de agua para la calibración del recipiente usado en la norma ASTM C29. . . . .   | 53 |
| <b>Cuadro B.1</b> | Componentes dispersivos y polares de energía superficial reportados por Della Volpe y Siboni. . . . .  | 53 |

# ÍNDICE DE FIGURAS

|                   |   |    |
|-------------------|---|----|
| <b>Figura 3.1</b> | Diagrama del funcionamiento básico del microscopio de fuerza atómica (Elaboración propia, 2019). . . . .  | 8  |
| <b>Figura 5.2</b> | Equipo utilizado en la determinación de la gravedad específica con su aditamento de sujeción a la balanza y eliminación de burbujas (Elaboración propia, 2019). . . . .   | 16 |
| <b>Figura 5.3</b> | Equipo utilizado en la determinación de la densidad del agregado. a) Balanza granataria. b) Recipiente de 2.48L con lámina de vidrio. c) Vista lateral de la cuchara pulpera mediana (Elaboración propia, 2019). . . . .  | 19 |
| <b>Figura 5.4</b> | Diagrama detallado de la operación de corte de agregado mineral. a) Primera carga neumática de la roca, b) Corte basal, c) Primera descarga neumática y rotación de la muestra, d) Segunda carga neumática de la muestra, e) Corte lateral, f) Segunda descarga neumática y rotación manual, g) Última carga neumática de la muestra, h) Corte frontal e i) Última descarga neumática y desacople manual de la muestra (Elaboración propia, 2019). . . . .                | 21 |
| <b>Figura 5.5</b> | Equipo utilizado en el perfilado de las rocas minerales (Elaboración propia, 2019). . . . .   | 22 |
| <b>Figura 5.6</b> | Diagrama detallado de la operación de rectificado de agregado mineral. a) Fase inicial de colocación de la muestra y encendido del disco abrasivo, b) Rectificado de la superficie superior de la muestra, c) Fase final de salida del disco abrasivo, d) Fase inicial de colocación de la muestra y encendido del disco abrasivo, e) Rectificado de la superficie inferior de la muestra, f) Fase final de salida del disco abrasivo (Elaboración propia, 2019). . . . . | 24 |
| <b>Figura 5.7</b> | Equipo utilizado en la operación de rectificado y sujeción de la muestra (Elaboración propia, 2019). . . . .  | 25 |
| <b>Figura 5.8</b> | Equipo utilizado para extraer la humedad del laboratorio (Elaboración propia, 2019). . . . .  | 28 |

|                     |  |    |
|---------------------|--|----|
| <b>Figura 5.9</b>   | Equipo utilizado para monitorear la temperatura ambiente y la humedad relativa del ambiente de laboratorio (Elaboración propia, 2019). . . . .   | 28 |
| <b>Figura 6.10</b>  | Representación gráfica de la significancia de cada una de los efectos individuales estudiados en la preparación de muestra en: a) El ensayo de energía superficial. b) Desviación estándar del ángulo de contacto promedio del agua. . . . . | 39 |
| <b>Figura 10.11</b> | Representación gráfica de la geometría ideal de la gota de líquido de prueba. . . . .  | 60 |
| <b>Figura 10.12</b> | Determinación del ángulo de contacto muestra B4. . . . .   | 62 |
| <b>Figura 10.13</b> | Determinación del ángulo de contacto B8. . . . .   | 62 |



# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

### 1.1 Alcance del proyecto

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.





## CAPÍTULO 2

### ASPECTOS GENERALES

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

# CAPÍTULO 3

## Descripción del CAP 3

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

### 3.1 Subtema 1

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

### 3.2 Subtema 2

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

### 3.3 Subtema 3

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

### 3.4 Subtema 4

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu

libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

### **3.5 Subtema 5**

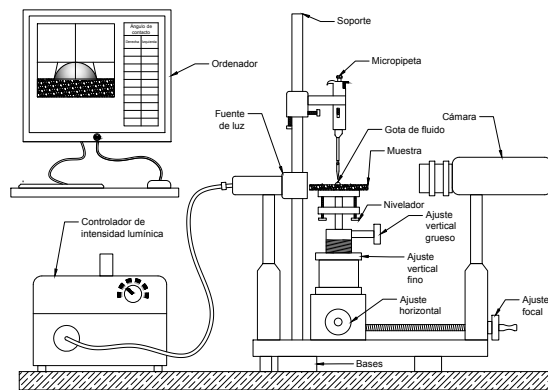
Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

### **3.6 Subtema 6**

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et

lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

### 3.7 Ejemplo de figura



**Figura 3.1.** Diagrama del funcionamiento básico del microscopio de fuerza atómica (Elaboración propia, 2019).

# CAPÍTULO 4

## Descripción del CAP 4

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

### 4.1 Subtema 1

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

## 4.2 Subtema 2

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

## 4.3 Subtema 3

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras



nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales

cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

#### 4.4 Subtema 4

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

#### 4.5 Subtema 5

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu

libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

#### 4.6 Subtema 6

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

#### 4.7 Subtema 7

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et

lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

## 4.8 Ejemplo de ecuación

$$\sigma = \frac{P_f S_g - K}{S_{pe}} \quad (1)$$

Dónde:

|          |                                 |                |
|----------|---------------------------------|----------------|
| $\sigma$ | Presión sobre punzón            | Pa             |
| $P_f$    | Presión de falla                | Pa             |
| $S_g$    | Área de contacto con el empaque | m <sup>2</sup> |
| $K$      | Constante del equipo            | N              |
| $S_{pe}$ | Área del punzón                 | m <sup>2</sup> |

Las variables de  $S_g$  o  $S_{pe}$  pueden ser modificadas dependiendo del material ensayado y es por ello que la constante del equipo varía en función de la combinación de discos de reacción y de punzones de ensayo, para mayor detalle sobre los valores tomados se debe verificar el manual del proveedor o bien al fabricante del equipo.

# METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

## 5.1 Metodología

### 5.1.1 Ensayo A

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

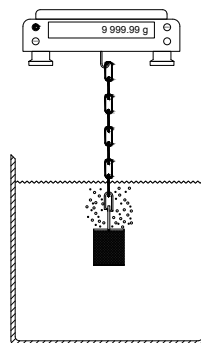
**Cuadro 5.1.** Materiales y equipos necesarios para la determinación de la gravedad específica de los agregados

| Equipo o material      | Cantidad | Rango de trabajo | Tolerancia ( $\pm$ ) | Unidad |
|------------------------|----------|------------------|----------------------|--------|
| Tanque almacén         | 1        | 4 a 7            | NA                   | L      |
| Balanza granataria     | 2        | 0 a 20 000       | 0.1                  | g      |
| Horno                  | 1        | 110.0            | 0.1                  | °C     |
| Criba 12.5 mm (1/2 in) | 2        | NA               | NA                   | NA     |
| Canasta de malla       | 1        | NA               | NA                   | NA     |
| Toalla de tela         | 3        | NA               | NA                   | NA     |
| Agregado mineral       | 2        | 5000 a 6000      | 0.1                  | g      |
| Agua                   | 1        | 3 a 6            | NA                   | L      |

## Procedimiento

1. Paso 1
2. Paso 2
3. Paso 3
4. Paso 4
5. Paso 5
6. Paso 6
7. Paso 7
8. Paso 8
9. Paso 9
10. Paso 10

### 5.1.2 Diagrama del equipo



**Figura 5.2.** Equipo utilizado en la determinación de la gravedad específica con su aditamento de sujeción a la balanza y eliminación de burbujas (Elaboración propia, 2019).

### 5.1.3 Ensayo B - ASTM C29 - AASHTO T19

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Los materiales y equipos para la determinación de esta variable están incluidos en el Cuadro 5.2.

**Cuadro 5.2.** Materiales y equipos necesarios para la determinación de la densidad e índice de vacíos de agregado mineral calizo y silíceo.

| Equipo o material      | Cantidad | Rango de trabajo | Tolerancia ( $\pm$ ) | Unidad |
|------------------------|----------|------------------|----------------------|--------|
| Recipiente con agarres | 1        | 2.48             | 0.01                 | L      |
| Lámina de vidrio       | 1        | 300 · 300 · 5    | 1                    | mm     |
| Cuchara pulpera        | 1        | Mediana          | NA                   | NA     |
| Regla metálica         | 1        | 300              | 1                    | mm     |
| Martillo de hule       | 1        | NA               | NA                   | NA     |
| Termómetro digital     | 1        | 0.0 a 25.0       | 0.1                  | °C     |
| Agregado mineral       | 2        | 5000 a 6000      | 0.1                  | g      |
| Agua                   | 1        | 3 a 6            | NA                   | L      |

#### Trabajo previo

1. Paso 1.
2. Paso 2.
3. Paso 3.

4. Paso 4.

## **Procedimiento**

1. Paso 1

2. Paso 2

3. Paso 3 *A-Varillado, B-Agitado o C-Escavado*

4. Método de *A-Varillado*:

(a) Paso A.1

(b) Paso A.2

(c) Paso A.3

(d) Paso A.4

(e) Paso A.5

5. Método de *B-Agitado*:

(a) Paso B.1

(b) Paso B.2

(c) Paso B.3

(d) Paso B.4

(e) Paso B.5

6. Método de *C-Escavado*:

(a) Paso C.1

(b) Paso C.2

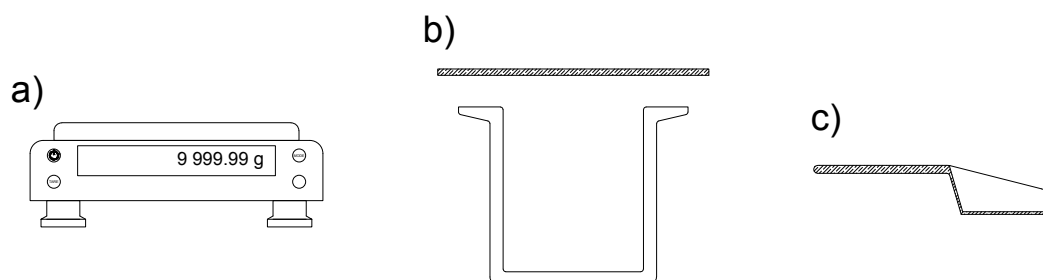
(c) Paso C.3

(d) Paso C.4

(e) Paso C.5



### 5.1.4 Diagrama del equipo



**Figura 5.3.** Equipo utilizado en la determinación de la densidad del agregado. a) Balanza granataria. b) Recipiente de 2.48 L con lámina de vidrio. c) Vista lateral de la cuchara peluquera mediana (Elaboración propia, 2019).

### 5.1.5 Corte y perfilado del agregado

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Los materiales y equipos para la determinación de esta variable están incluidos en el Cuadro 5.3, se utilizó el fabricante HILTI.

**Cuadro 5.3.** Materiales y equipos necesarios para el corte y perfilado de las muestras a ensayar para energía superficial y adhesión neumática.

| <b>Equipo o material</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Rango de trabajo</b> | <b>Tolerancia (<math>\pm</math>)</b> | <b>Unidad</b> |
|--------------------------|-----------------|-------------------------|--------------------------------------|---------------|
| Cortadora automática     | 1               | NA                      | NA                                   | NA            |
| Disco diamantado         | 1               | NA                      | NA                                   | NA            |
| Soportes de aluminio     | 1               | 40 · 40 · 350           | 1                                    | mm            |
| Cinta métrica            | 1               | 0 a 2000                | 1                                    | mm            |
| Agregado mineral         | 2               | 5000 a 6000             | 0.1                                  | g             |
| Agua                     | 1               | 3 a 6                   | NA                                   | L             |
| Crayola o marcador       | 1               | NA                      | NA                                   | NA            |

## Procedimiento

1. Paso 1

2. Paso 2

3. Paso 3

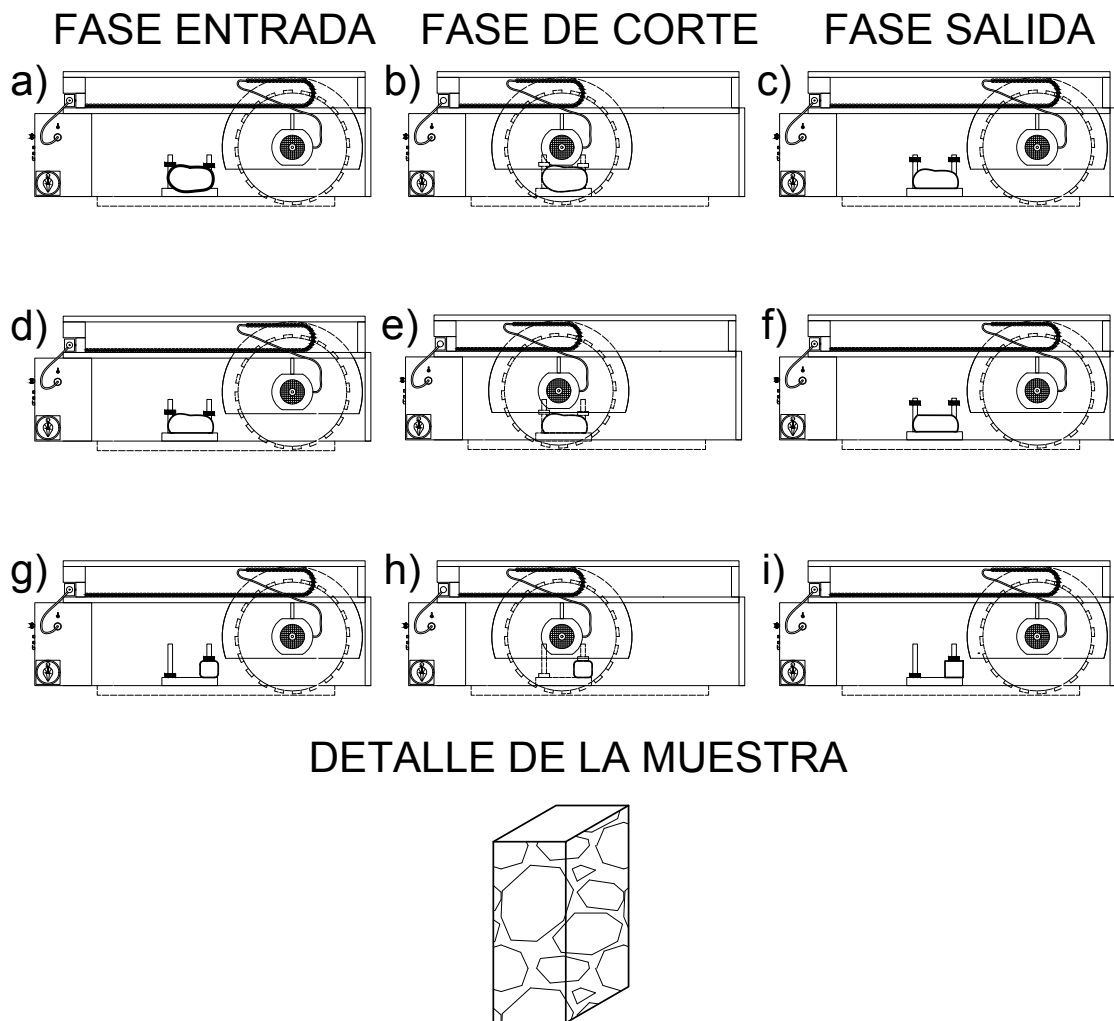
(a) Subpaso a

(b) Subpaso b

(c) Subpaso c

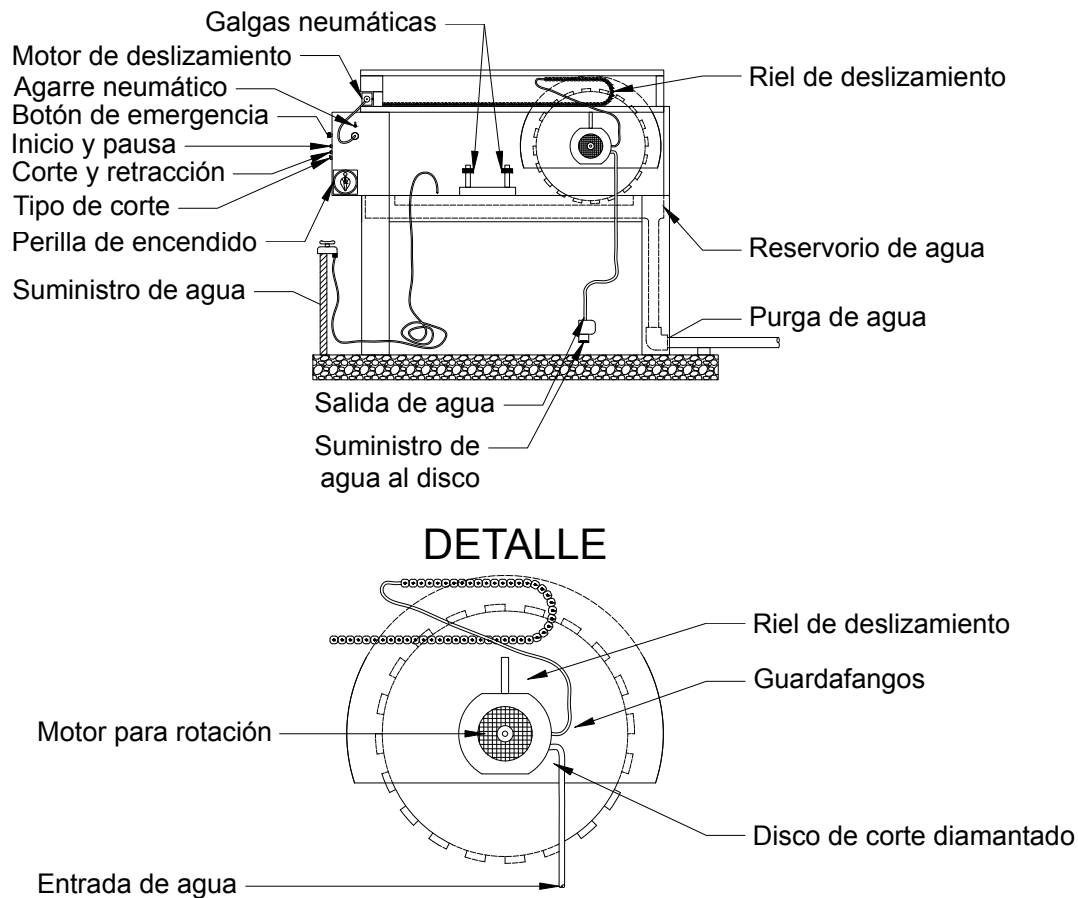
- Subsubpaso
- Subsubpaso
- Subsubpaso

### 5.1.6 Diagrama de la operación de reducción de la muestra



**Figura 5.4.** Diagrama detallado de la operación de corte de agregado mineral. a) Primera carga neumática de la roca, b) Corte basal, c) Primera descarga neumática y rotación de la muestra, d) Segunda carga neumática de la muestra, e) Corte lateral, f) Segunda descarga neumática y rotación manual, g) Última carga neumática de la muestra, h) Corte frontal e i) Última descarga neumática y desacople manual de la muestra (Elaboración propia, 2019).

### 5.1.7 Diagrama del equipo



**Figura 5.5.** Equipo utilizado en el perfilado de las rocas minerales (Elaboración propia, 2019).

### 5.1.8 Rectificación superficial

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu,

pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Los materiales y equipos para la determinación de esta variable están incluidos en el Cuadro 5.4.

**Cuadro 5.4.** Materiales y equipo necesarios para la rectificación de muestras de agregados calizos y silíceos.

| Equipo o material     | Cantidad | Rango de trabajo | Tolerancia ( $\pm$ ) | Unidad |
|-----------------------|----------|------------------|----------------------|--------|
| Máquina rectificadora | 1        | NA               | NA                   | NA     |
| Prensa de mesa        | 1        | NA               | NA                   | NA     |
| Base                  | 1        | NA               | NA                   | NA     |
| Barras rectificadas   | 2        | NA               | NA                   | NA     |
| Piseta                | 2        | 500              | 1                    | mL     |
| Bomba de hidráulica   | 1        | NA               | NA                   | NA     |
| Agregado mineral      | 16       | 70 · 140 · 10    | 1                    | mm     |
| Agua                  | 1        | 3 a 5            | NA                   | L      |
| Refrigerante          | 1        | NA               | NA                   | NA     |

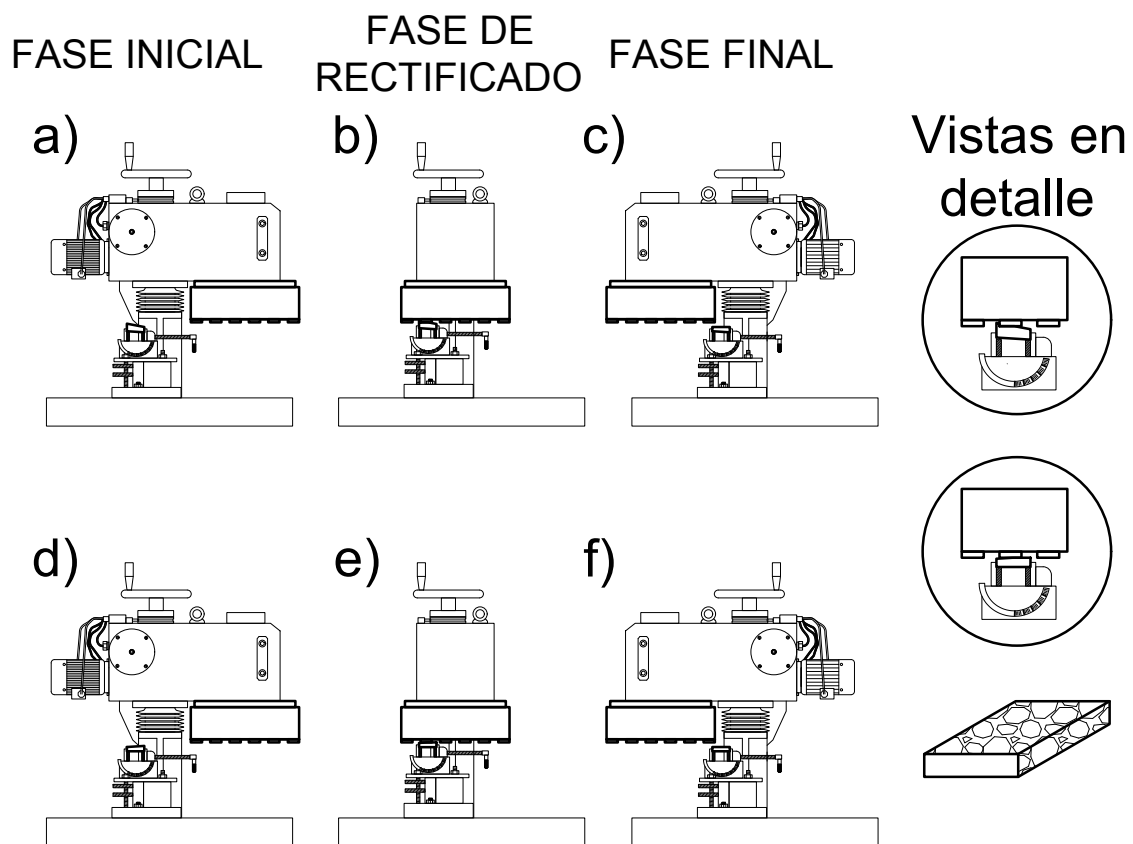
## Procedimiento

### 1. Paso 1

- (a) Subpaso 1.
- (b) Subpaso 2.
- (c) Subpaso 3.
- (d) Subpaso 4.
- (e) Subpaso 5.
- (f) Subpaso 6.
- (g) Subpaso 7.
- (h) Subpaso 8.
- (i) Subpaso 9.

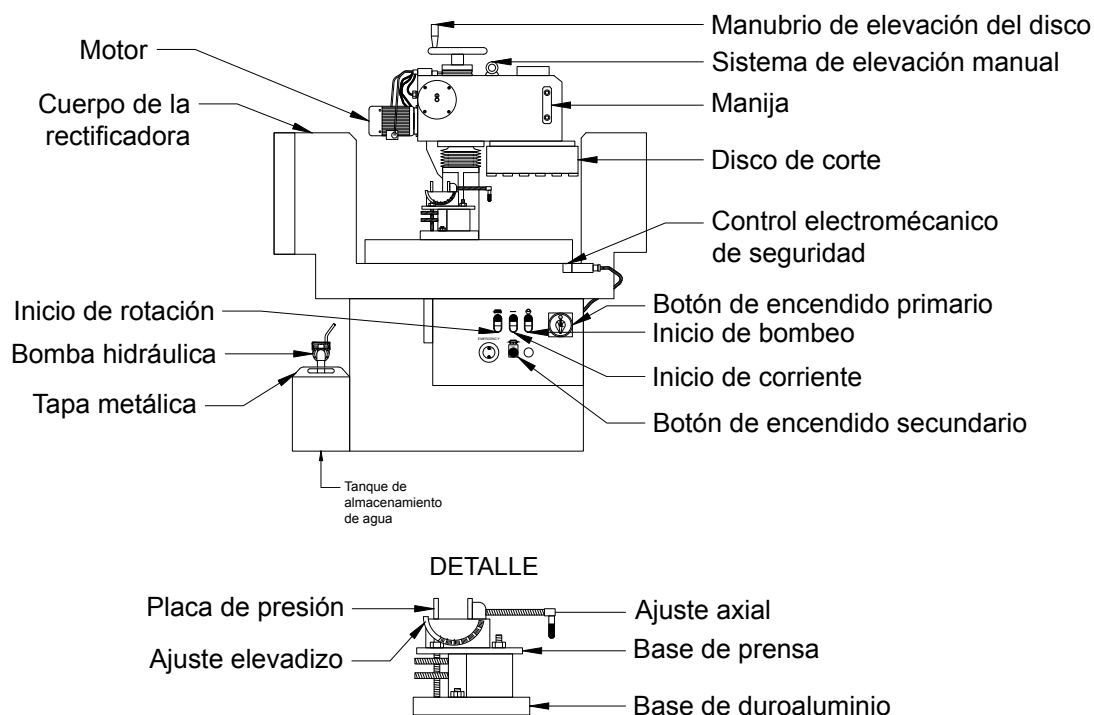
2. Paso 2.
3. Paso 3.
4. Paso 4.
5. Ejemplo de referenciado de pasos 1h, 1g, 1f, 1e, 1d, 1c, 1b y 1a, en ese orden.

### 5.1.9 Diagrama de la operación de rectificado de la muestra



**Figura 5.6.** Diagrama detallado de la operación de rectificado de agregado mineral. a) Fase inicial de colocación de la muestra y encendido del disco abrasivo, b) Rectificado de la superficie superior de la muestra, c) Fase final de salida del disco abrasivo, d) Fase inicial de colocación de la muestra y encendido del disco abrasivo, e) Rectificado de la superficie inferior de la muestra, f) Fase final de salida del disco abrasivo (Elaboración propia, 2019).

### 5.1.10 Diagrama del equipo



**Figura 5.7.** Equipo utilizado en la operación de rectificado y sujeción de la muestra (Elaboración propia, 2019).

## 5.2 Factores, variables y diseño experimental

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

**Cuadro 5.5.** Resumen del diseño factorial para las variables involucradas en la preparación de muestras de agregados calizos y silíceos proveniente de Río Claro.

| Muestra | Cantidad de carreras,<br>$C/(\text{adim})$ | Tipo de agregado,<br>$M/(\text{adim})$ | Tiempo de carrera,<br>$t_r/(\text{s})$ | Nivel de acabado,<br>$N/(\#)$ |
|---------|--|--|--|-------------------------------|
| B1      | 1(-)                                       | Calizo(-)                              | 10(-)                                  | 120(-)                        |
| B2      | 10(+)                                      | Calizo(-)                              | 10(-)                                  | 120(-)                        |
| B3      | 1(-)                                       | Silíceo(+)                             | 10(-)                                  | 120(-)                        |
| B4      | 10(+)                                      | Silíceo(+)                             | 10(-)                                  | 120(-)                        |
| B5      | 1(-)                                       | Calizo(-)                              | 60(+)                                  | 120(-)                        |
| B6      | 10(+)                                      | Calizo(-)                              | 60(+)                                  | 120(-)                        |
| B7      | 1(-)                                       | Silíceo(+)                             | 60(+)                                  | 120(-)                        |
| B8      | 10(+)                                      | Silíceo(+)                             | 60(+)                                  | 120(-)                        |
|         |  |  |  |                               |
| A1      | 1(-)                                       | Calizo(-)                              | 10(-)                                  | 320(+)                        |
| A2      | 10(+)                                      | Calizo(-)                              | 10(-)                                  | 320(+)                        |
| A3      | 1(-)                                       | Silíceo(+)                             | 10(-)                                  | 320(+)                        |
| A4      | 10(+)                                      | Silíceo(+)                             | 10(-)                                  | 320(+)                        |
| A5      | 1(-)                                       | Calizo(-)                              | 60(+)                                  | 320(+)                        |
| A6      | 10(+)                                      | Calizo(-)                              | 60(+)                                  | 320(+)                        |
| A7      | 1(-)                                       | Silíceo(+)                             | 60(+)                                  | 320(+)                        |
| A8      | 10(+)                                      | Silíceo(+)                             | 60(+)                                  | 320(+)                        |

**Variables independiente:**

- $t_e$ : Tiempo de ensayo, s.

**Variables dependientes:**

- $\theta$ : Ángulo de contacto, °.
- $\sigma$ : Resistencia a la adhesión, Pa.

**Variables estímulo:**

- $C$ : Cantidad de carreras, adim.
- $t_r$ : Tiempo de carrera, s.
- $N$ : Nivel de acabado, adim.



- $M$ : Tipo de agregado mineral, adim.

**Variables estudio:**

- $W_{AB}$ : Trabajo de adhesión,  $J/m^2$ .
- $Y$ : Resistencia a la adhesión, Pa.

**Variables fija controlable:**

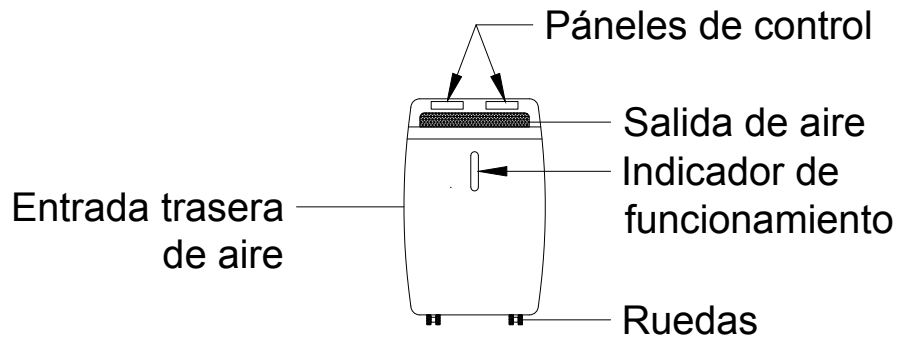
- $F$ : Planicidad de la muestra, mm.
- $\theta_m$ : Inclinación inicial de la muestra, adim.
- $V$ : Volumen de la gota,  $m^3$ .
- $I$ : Intensidad lumínica de la fuente de luz,  $W/m^2$ .
- $T_{amb}$ : Temperatura ambiente,  $^{\circ}C$ .
- $U_R$ : Humedad relativa, adim.
- $Z_a$ : Rugosidad de la muestra, mm.

**Variables fija no controlable:**

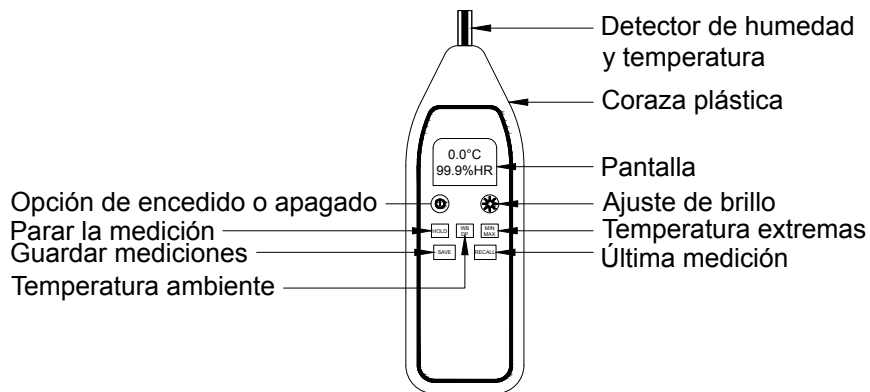
- $J_{dif}$ : Flujo de difusión del líquido de prueba,  $mol/(m^2 \cdot s)$ .
- $\epsilon$ : Porosidad de la muestra, adim.

## 5.3 Diagramas de los equipos adicionales

### 5.3.1 Preparación de las condiciones experimentales



**Figura 5.8.** Equipo utilizado para extraer la humedad del laboratorio (Elaboración propia, 2019).



**Figura 5.9.** Equipo utilizado para monitorear la temperatura ambiente y la humedad relativa del ambiente de laboratorio (Elaboración propia, 2019).

# ANÁLISIS DE RESULTADOS

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

## 6.1 Ensayo A

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra

**Cuadro 6.6.** Determinación del porcentaje másico de agregado fracturado según la norma ASTM D5821.

| Muestra | Masa seca,<br>$m_d/(g)$ | Masa frag-<br>mentada,<br>$m_F/(g)$ | Masa no<br>fagmentada,<br>$m_{NF}/(g)$ | Porcentaje<br>fragmentado,<br>$\Gamma/(%)$ |
|---------|-------------------------|-------------------------------------|--|--|
| 2155-17 | 5947.5                  | 5931.4                              | 17.1                                   | 99.73                                      |
| 2156-17 | 6533.6                  | 6479.6                              | 53.5                                   | 99.17                                      |

metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tin-

cidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

### 6.1.1 Ensayo B

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

**Cuadro 6.7.** Determinación de la masa seca, saturada y aparente de agregados según ASTM C29.

| Muestra         | Densidad                                  |  | Relación de vacíos, $\chi$ /(%) |
|-----------------|---|--|---------------------------------|
|                 | Masiva,<br>$\rho_A$ /(kg/m <sup>3</sup> ) | SSD,<br>$\rho_{SSD}$ /(kg/m <sup>3</sup> ) |                                 |
| 2155-17         | 1441.61                                   | 1458.30                                    | 44.60                           |
|                 | 1430.86                                   | 1437.94                                    | 45.44                           |
|                 | 1411.02                                   | 1427.84                                    | 45.95                           |
| <b>Promedio</b> | <b>1427.83</b>                            | <b>1441.36</b>                             | <b>45.33</b>                    |
| 2156-17         | 1568.61                                   | 1576.31                                    | 43.98                           |
|                 | 1547.96                                   | 1569.44                                    | 44.05                           |
|                 | 1567.66                                   | 1587.81                                    | 43.40                           |
| <b>Promedio</b> | <b>1561.4</b>                             | <b>1577.9</b>                              | <b>43.80</b>                    |

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget

sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum

porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci



dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna.

Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec

aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae,

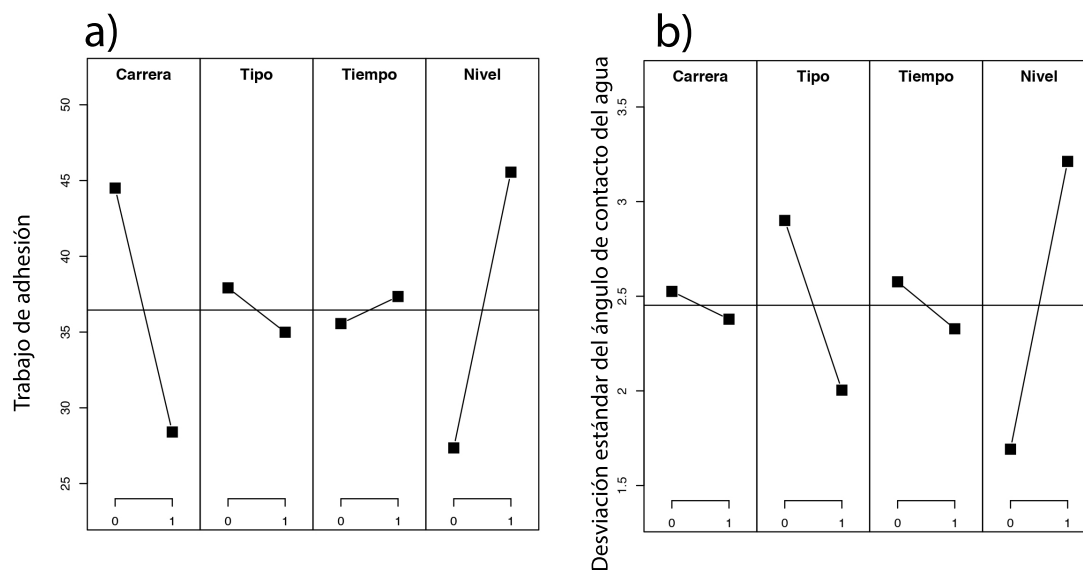
arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus. Lorem ipsum dolor sit amet,

**Cuadro 6.8.** Modelo lineal del diseño factorial para el ensayo de energía superficial con interacciones de tercer orden.

| <b>Modelo</b> | $\frac{W_{AB}}{(\text{mJ}/\text{cm}^2)} = \bar{W}_{AB} + \omega_C C + \omega_M M + \omega_N N + \omega_T T + \epsilon$ |                                      |                |                     |
|---------------|--|--------------------------------------|----------------|---------------------|
| <b>Efecto</b> | <b>Estimado, <math>\omega</math></b>   | <b>Error, <math>SD_\omega</math></b> | <b>Valor t</b> | <b>Pr(&gt;  t )</b> |
| Carrera, $C$  | -1.69  | 12.38                                | -0.137         | 0.8936              |
| Tipo, $M$     | 11.44  | 12.38                                | 0.924          | 0.3737              |
| Tiempo, $T$   | 16.18  | 12.38                                | 1.308          | 0.2154              |
| Acabado, $N$  | 32.59  | 12.38                                | 2.633          | 0.0219              |
| <b>Modelo</b> | $\frac{SD_\theta}{(^\circ)} = SD_\theta + \omega_C C + \omega_M M + \omega_N N + \omega_T T + \epsilon$                |                                      |                |                     |
| Carrera, $C$  | 0.78   | 0.88                                 | 0.890          | 0.391               |
| Tipo, $M$     | 0.03   | 0.88                                 | 0.034          | 0.973               |
| Tiempo, $T$   | 0.71   | 0.88                                 | 0.804          | 0.437               |
| Acabado, $N$  | 2.46   | 0.88                                 | 2.801          | 0.016               |

consectetuer adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetuer id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien



**Figura 6.10.** Representación gráfica de la significancia de cada una de los efectos individuales estudiados en la preparación de muestra en: a) El ensayo de energía superficial. b) Desviación estándar del ángulo de contacto promedio del agua.

est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum

ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta

tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.





## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget

sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

- ☞ Conclusión cuantitativa 1
- ☞ Conclusión cuantitativa 2
- ☞ Conclusión cuantitativa 3
- ☞ Conclusión cuantitativa 4
- ☞ Conclusión cuantitativa 5
- ☞ Conclusión cuantitativa 6
- ☞ Conclusión cuantitativa 7
- ☞ Conclusión cuantitativa 8
- ☞ Conclusión cuantitativa 9
- ☞ Conclusión cuantitativa 10
- ☞ Conclusión cuantitativa 11
- ☞ Conclusión cuantitativa 12
- ☞ Conclusión cuantitativa adicional

Recomendación 1.

Recomendación 2.

Recomendación 3.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada

fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.



# NOMENCLATURA

## Acrónimos

$CC$  Coeficiente de correlación múltiple adim

## Griegas

$\zeta$  Porosidad adim

## Mayúsculas

$L$  Largo m

## Minúsculas

$y$  Posición vertical m

## Superíndices

$\bar{X}$  Refiérase al promedio de  $X$

## Subíndices

$W$  Refiérase a interacción con agua



## BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO T19 (2014). American association of state highway and transportation officials. En *Standard Method of Test for Bulk Density (Unit Weight) and Voids in Aggregate*. Accesado el día 23 de abril de 2019 mediante <https://standards.globalspec.com/std/13053318/aashto-t-19m-t-19>.
- ASTM C29 (2017). *Standard Test Method for Bulk Density (Unit Weight) and Voids in Aggregate*. Annual Book of ASTM Standards. Accesado el día 01 de marzo de 2018 mediante <https://www.astm.org/Standards/C29.htm>.
- ASTM D5821 (2017). *Determining the Percentage of Fractured Particles in Coarse Aggregate*. Annual Book of ASTM Standards. Accesado el día 10 de marzo de 2018 mediante <https://www.astm.org/Standards/D5821.htm>.
- Della Volpe, C. y Siboni, S. (1997). Some reflections on acid–base solid surface free energy theories. *Journal of Colloid and Interface Science*, 195(1):121–136. Accesado el día 16 de febrero de 2019 mediante <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021979797951249>.





# APÉNDICES

## A DATOS EXPERIMENTALES

**Cuadro A.1.** Determinación de la densidad y en condiciones saturadas de humectación y relación de vacíos para cada agregado según ASTM C29.

| Muestra         | Masa seca, $m_d$ /(g) |
|-----------------|-----------------------|
|                 | 4117.5                |
| 2155-17         | 4086.8                |
|                 | 4034.1                |
| <b>Promedio</b> | <b>4079.5</b>         |
|                 | 4451.5                |
| 2156-17         | 4392.9                |
|                 | 4448.8                |
| <b>Promedio</b> | <b>4431.1</b>         |

**Cuadro A.2.** Determinación del contenido elemental molar, mediante fluorescencia de rayos X, de los agregados calizo y silíceo de Río Claro usados en pavimentos.

| Muestra      | Composición molar elemental por componente, $X_i$ /(%mol/mol) |       |      |      |      |       |      |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|--------------|---|-------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
|              | C   | O     | Na   | Mg   | Al   | Si    | S    | Cl   | K    | Ca    | Fe    | Cr   | Sc   | Cu   | Ti   | Rh   | P    | Mn   |      |  |
| 2155-A       | 1.61  | 55.53 | NA   | NA   | 0.28 | 1.06  | 1.01 | 0.00 | 0.15 | 39.60 | 0.75  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |  |
| 2155-B       | 0.00  | 47.77 | 0.99 | 0.10 | 6.71 | 24.60 | 0.06 | 0.05 | 1.85 | 10.45 | 7.10  | 0.02 | 0.05 | 0.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |  |
| 2155-C       | 0.00  | 51.77 | 1.01 | 0.32 | 4.86 | 18.17 | 0.17 | 0.00 | 3.74 | 4.78  | 12.94 | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 1.09 | 0.57 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |  |
| 2155-D       | 5.39  | 60.73 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.73  | 0.10 | 0.00 | 0.03 | 32.82 | 0.20  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 |  |
| 2155-E       | 0.00  | 68.29 | 0.13 | 0.12 | 1.95 | 5.83  | 0.00 | 0.00 | 1.86 | 14.12 | 7.22  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |  |
| <b>Media</b> | 1.40  | 56.82 | 0.53 | 0.13 | 2.76 | 10.08 | 0.27 | 0.01 | 1.53 | 20.35 | 5.64  | 0.03 | 0.01 | 0.01 | 0.22 | 0.11 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |  |
| 2156-A       | 6.92  | 54.34 | 0.00 | 0.00 | 0.25 | 1.06  | 0.36 | 0.00 | 0.12 | 35.64 | 1.30  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.00 |  |
| 2156-B       | 0.00  | 15.75 | 0.00 | 2.01 | 9.11 | 24.30 | 0.00 | 0.00 | 0.10 | 10.54 | 36.85 | 0.06 | 0.34 | 0.03 | 0.90 | 0.00 | 0.00 | 0.34 | 0.34 |  |
| 2156-C       | 0.00  | 20.94 | 0.00 | 1.06 | 9.31 | 30.19 | 0.00 | 0.00 | 0.32 | 12.23 | 23.90 | 0.21 | 0.00 | 0.09 | 1.24 | 0.00 | 0.00 | 0.51 | 0.51 |  |
| 2156-D       | 0.00  | 36.23 | 0.00 | 0.57 | 6.21 | 30.28 | 0.00 | 0.00 | 3.08 | 4.28  | 17.60 | 0.00 | 0.00 | 0.14 | 1.03 | 0.00 | 0.00 | 0.58 | 0.58 |  |
| 2156-E       | 0.00  | 43.90 | 0.00 | 0.62 | 6.77 | 27.11 | 0.00 | 0.00 | 1.88 | 6.96  | 12.05 | 0.00 | 0.00 | 0.14 | 0.57 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |  |
| 2156-F       | 0.00  | 39.00 | 0.00 | 0.44 | 8.30 | 23.19 | 0.00 | 0.00 | 1.53 | 12.02 | 14.58 | 0.00 | 0.00 | 0.05 | 0.89 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |  |
| <b>Media</b> | 1.15  | 35.03 | 0.00 | 0.78 | 6.66 | 22.69 | 0.06 | 0.00 | 1.17 | 13.61 | 17.71 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.77 | 0.00 | 0.00 | 0.24 | 0.24 |  |

## B RESULTADOS INTERMEDIOS

**Cuadro B.1.** Determinación del volumen de agua para la calibración del recipiente usado en la norma ASTM C29.

| Condiciones | Masa,<br>$m_w$ /(g) | Temp,<br>$T_w$ /(°C) | Densidad,<br>$\rho_w$ /(kg/m <sup>3</sup> ) | Volumen,<br>$V_w$ /(dm <sup>3</sup> ) |
|-------------|---------------------|----------------------|---|---------------------------------------|
| 1           | 2845.5              | 22.9                 | 997.56                                      | 2.8525                                |
| 2           | 2849.8              | 22.0                 | 997.77                                      | 2.8562                                |
| 3           | 2852.6              | 22.0                 | 997.77                                      | 2.8590                                |
| 4           | 2831.4              | 22.2                 | 997.72                                      | 2.8379                                |

**Cuadro B.1.** Componentes dispersivos y polares de energía superficial reportados por Della Volpe y Siboni.

| Líquido de prueba | Componente energética, $\lambda$ /(mJ/cm <sup>2</sup> ) |                 |           |            |
|-------------------|---|-----------------|-----------|------------|
|                   | Total<br>(TOT)  | Líquido<br>(LW) | Ácido (+) | Básico (-) |
| Etilenglicol      | 48.0  | 31.4            | 1.6       | 42.5       |
| Agua              | 72.8  | 21.8            | 65.0      | 10.0       |
| Formamida         | 58.0  | 35.6            | 2.0       | 65.7       |

## C MUESTRA DE CÁLCULO

### C.1. Cálculo del porcentaje másico de agregado fraccionado:

Para el cálculo del porcentaje másico de agregado fraccionado se utiliza la fórmula:

$$\Gamma = 100 \cdot \frac{m_F}{m_F + m_{NF}} \quad (C.1)$$

Utilizando los valores del Cuadro 6.6, fila 1, columnas 3 y 4:

$$\Gamma = 100 \cdot \frac{5931.4 \text{ g}}{5931.4 \text{ g} + 17.1 \text{ g}} = 99.7\%$$

Resultado que se encuentra tabulado en el Cuadro 6.6, fila 1, columna 2. El mismo cálculo se llevó a cabo para obtener el peso unitario en condiciones secas en el Cuadro 6.6.

### C.2. Cálculo de las componentes de energía superficial de las muestras de agregado:

Para el cálculo de las componentes energéticas se debe resolver el siguiente sistema

matricial:

$$2 \begin{bmatrix} \left(\frac{\sqrt{\lambda^{LW}}}{\lambda^{TOT}}\right)_{EG} & \left(\frac{\sqrt{\lambda^+}}{\lambda^{TOT}}\right)_{EG} & \left(\frac{\sqrt{\lambda^-}}{\lambda^{TOT}}\right)_{EG} \\ \left(\frac{\sqrt{\lambda^{LW}}}{\lambda^{TOT}}\right)_W & \left(\frac{\sqrt{\lambda^+}}{\lambda^{TOT}}\right)_W & \left(\frac{\sqrt{\lambda^-}}{\lambda^{TOT}}\right)_W \\ \left(\frac{\sqrt{\lambda^{LW}}}{\lambda^{TOT}}\right)_{FA} & \left(\frac{\sqrt{\lambda^+}}{\lambda^{TOT}}\right)_{FA} & \left(\frac{\sqrt{\lambda^-}}{\lambda^{TOT}}\right)_{FA} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sqrt{\lambda^{LW}} \\ \sqrt{\lambda^+} \\ \sqrt{\lambda^-} \end{bmatrix}_A = \begin{bmatrix} 1 + \cos \theta_{EG} \\ 1 + \cos \theta_W \\ 1 + \cos \theta_{FA} \end{bmatrix} \quad (C.2)$$

Utilizando los valores reportados del Cuadro 5.1, filas 1, 2 y 3, columnas 2, 3, 4, 5

y del Cuadro 5.1, fila 1, columnas 2, 3 y 4:

$$\frac{\sqrt{\lambda_A}}{(\text{mJ}/\text{cm}^2)^{0.5}} = \begin{bmatrix} \sqrt{\lambda^{\text{LW}}} \\ \sqrt{\lambda^+} \\ \sqrt{\lambda^-} \end{bmatrix}_A = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0.2335 & 0.0524 & 0.2716 \\ 0.1283 & 0.2215 & 0.0869 \\ 0.2057 & 0.0482 & 0.2795 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 1.4014 \\ 1.0576 \\ 1.3440 \end{bmatrix}$$

$$\frac{\sqrt{\lambda_A}}{(\text{mJ}/\text{cm}^2)^{0.5}} = \begin{bmatrix} 2.451 \\ 2.335 \\ 2.602 \end{bmatrix} \Rightarrow \frac{\lambda_A}{(\text{mJ}/\text{cm}^2)} = \begin{bmatrix} 2.451 \\ 2.335 \\ 2.602 \end{bmatrix}^2$$

$$\frac{\lambda_A}{(\text{mJ}/\text{cm}^2)} = \begin{bmatrix} \lambda^{\text{LW}} \\ \lambda^+ \\ \lambda^- \end{bmatrix}_A = \begin{bmatrix} 6.008 \\ 5.451 \\ 6.770 \end{bmatrix}$$

Resultado que se encuentra tabulado en el Cuadro 5.1, fila 2, columnas 3, 4 y 5. El mismo cálculo se llevó a cabo para obtener las componentes energéticas reportadas en el Cuadro 5.1.



# ANEXOS

## A Cálculo de las dimensiones características de la muestra

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

**Prueba.** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis,

diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

$$\begin{aligned}
 R^2 &= r^2 + (R - h)^2 \Rightarrow r = \sqrt{R^2 - (R - y)^2} \Rightarrow r = \sqrt{(2R - y)y} \\
 dv &= \pi(2R - y)ydy \Rightarrow \int_0^V dv = \int_{R-h}^h \pi(2R - y)ydy \\
 V &= \pi(Ry^2 - \frac{y^3}{3})|_{R-h}^h = \pi y^2(R - \frac{y}{3})|_{R-h}^h
 \end{aligned}$$

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

$$\begin{aligned}
 V &= \pi[R^2(R - \frac{R}{3}) - (R - h)^2(R - \frac{R-h}{3})] \\
 &= \pi[R^2(\frac{2R}{3}) - (R^2 - 2Rh + h^2)(\frac{2R}{3} + \frac{h}{3})] \\
 &= (\frac{2}{3} - \frac{2}{3})R^3 + [(-\frac{1}{3} + \frac{4}{3})h]R^2 + [(\frac{2}{3} - \frac{2}{3})h^2]R - \frac{h^3}{3} \\
 &= \pi(hR^2 - \frac{h^3}{3}) \Rightarrow \frac{V}{\pi} + \frac{h^3}{3} = hR^2 \Rightarrow R^2 = \frac{V}{\pi h} + \frac{h^2}{3}
 \end{aligned}$$

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada



fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

$$\phi_{(V, h)} = 2\sqrt{\frac{V}{\pi h} + \frac{h^2}{3}} \quad \square$$

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

$$S = \frac{\pi}{4}\phi_{(1.004\text{mm})}^2 = \frac{\pi}{4}(4.25\text{mm})^2 = 14.186\text{mm}^2$$

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu,

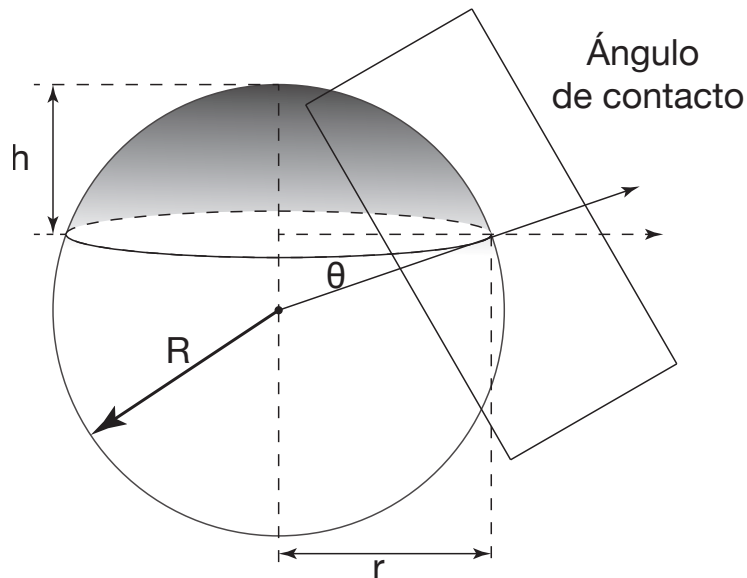
pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

$$\hat{S} = f_{\text{seg}} S = 1.40(14.186 \text{ mm}^2) = 19.860 \text{ mm}^2$$

$$L = \sqrt{\hat{S}} = \sqrt{19.860 \text{ mm}^2} = 4.457 \text{ mm}$$

$$[L] = 5 \text{ mm}$$

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum



**Figura 10.11.** Representación gráfica de la geometría ideal de la gota de líquido de prueba.

ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu,

pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

## B Anexos gráficos

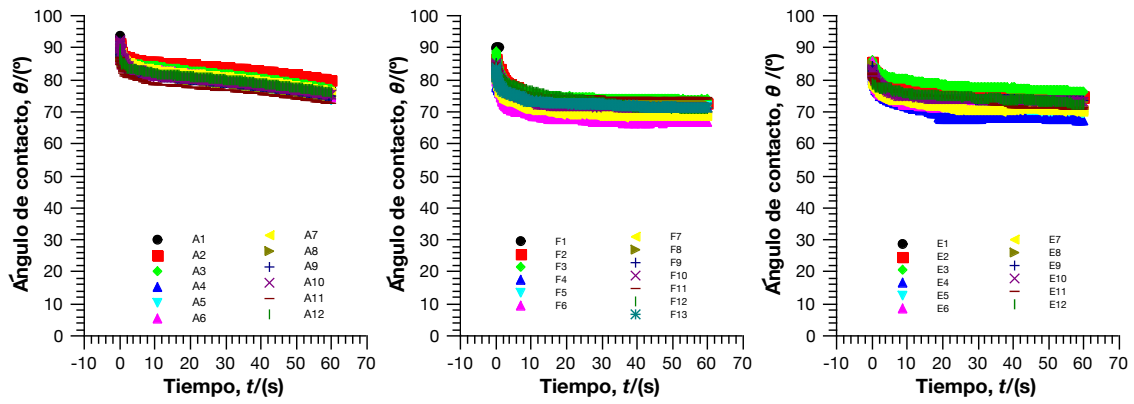


Figura 10.12. Determinación del ángulo de contacto muestra B4.

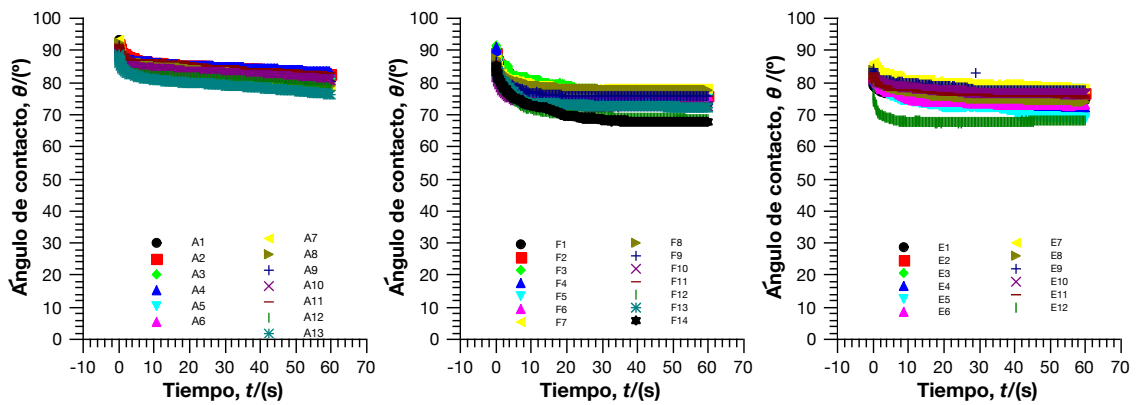


Figura 10.13. Determinación del ángulo de contacto B8.