

# Propuesta de uso de draga de succión para aumentar el volumen de extracción de arenas del yacimiento Arimao (Cienfuegos)

## Proposal for using a suction dredger to increase the volume of sand extraction from Arimao deposit in Cienfuegos

Clotilde Jandira Naluziath-Gonçalves<sup>1\*</sup>, Naisma Hernández-Jatib<sup>1</sup>, José Enrique Pérez-González<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Moa, Holguín, Cuba.

\*Autor para la correspondencia: [clonaluz@ismm.edu.cu](mailto:clonaluz@ismm.edu.cu)

### Resumen

El objetivo del trabajo fue proponer un equipamiento eficiente para la extracción de arena en el yacimiento Arimao (Cienfuegos) que, con los costos mínimos de producción, garantice la explotación completa y racional de las reservas. A partir del criterio de expertos (método Delphi) se llegó a los parámetros fundamentales que influyen en la extracción de arena en el referido yacimiento. Se propone la utilización de la draga de succión, con la cual aumentan las reservas extraíbles, desde 2 262 137 m<sup>3</sup> hasta 3 868 728 m<sup>3</sup>, al extraer las reservas inundadas dejadas por la extracción con la dragalina.

**Palabras clave:** explotación de áridos; tecnología de dragado; método Delphi; dragalina; draga de succión; yacimiento Arimao.

### Abstract

The objective of the work is a proposal of efficient equipment for extracting sand in Arimao deposit from (Cienfuegos) that guarantees the complete and rational exploitation of reserves with the minimum production costs. The fundamental parameters that influence the extraction of sand in the aforementioned deposit were reached based on the experts' criteria (Delphi method), which made it possible to propose the use of the suction dredger, which extractable reserves increase from 2 262 137 m<sup>3</sup> to 3,868,728 m<sup>3</sup>,

when extracting the flooded reserves left by the extraction with the dragline.

**Keywords:** dredging technology; exploitation of aggregates; Delphi method; dragline; suction dredge; Arimao deposit.

---

## 1. INTRODUCCIÓN

Las graveras y areneras son depósitos aluviales, formados por paquetes de diferentes espesores, situados generalmente en terrazas fluviales de diversa antigüedad y a través de las cuales surgen los acuíferos superiores, conectados hidráulicamente con cauces naturales en la mayor parte de los casos. Estos materiales representan la porción de menor costo en una obra y constituyen el mayor volumen de los componentes del producto final (Martínez-Segura 2009; Ganiron 2015; Barba-chi *et al.* 2017).

El crecimiento de los niveles de ejecución de obras civiles está demandando una respuesta efectiva de las organizaciones encargadas de la producción de materiales de construcción, cuestión que se traduce en una mayor demanda de áridos que enfrentan hoy día una dinámica adicional en cuanto a la solicitud de suministros de la materia prima por mercados foráneos, dada la calidad y la posibilidad que brinda esta industria (Pedroso-Acostas y EXPLOMAT 2007).

Los procesos de revitalización de la producción llevan implícitos mecanismos productivos y organizativos capaces de entregar los niveles demandados, con la calidad requerida, en los plazos solicitados y, fundamentalmente, con mínimos costos de producción y elevada eficiencia productiva. Para ello se debe disponer de la tecnología más adecuada para la explotación de los yacimientos que aportan la materia prima (Pérez-González 2005).

En Cuba, con el aumento de la demanda de nuevas obras de construcción de carácter social se ha intensificado el desarrollo de la actividad minera. Asociado con esta actividad, diversas investigaciones, principalmente relacionadas con estudios ambientales de canteras (Milián-Milián, Ulloa-Carcassés y Jornadakrebs 2012; Montes-de-Oca y Ulloa-Carcassés 2013), han sido emprendidas; sin embargo, la industria de materiales para la construcción afronta dificultades con las tecnologías para la extracción.

El yacimiento Arimao, ubicado en el municipio Cumanayagua de la provincia de Cienfuegos (Figura 1), es de gran importancia para el desarrollo socioeconómico de la región debido al volumen de materia prima que aporta

a las construcciones, no obstante, sus mayores reservas se encuentran por debajo del manto freático.

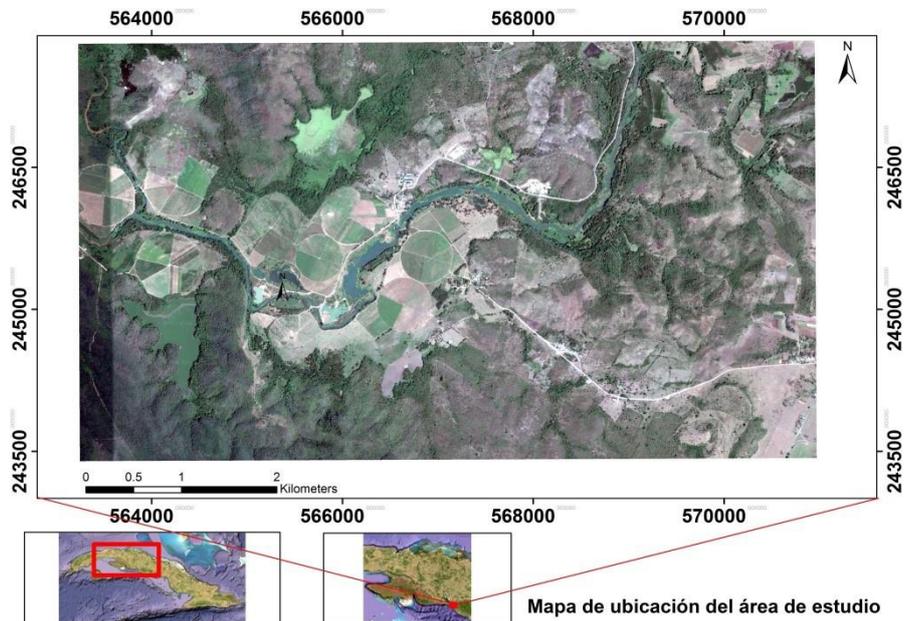


Figura 1. Ubicación geográfica del yacimiento Arimao.

A pesar de su gran peso en el desarrollo social y económico la tecnología actual para la extracción de arena de la cantera no es eficiente, al no ser capaz de extraer la arena dentro del cauce, la cual tiene mayor calidad desde el punto de vista de su pureza, que al mezclarla con la que se extrae actualmente aumentaría la calidad de la materia prima. Ello demanda de equipamientos más eficientes.

El yacimiento Arimao utiliza método mecánico para la extracción, específicamente se usan dragalinas. El objetivo de este estudio fue elegir una tecnología más eficiente que permita extraer arena dentro del cauce y a mayores niveles de profundidad con los costos mínimos de producción.

### 1.1. Características del yacimiento

El yacimiento de arenas Arimao, perteneciente a la Empresa de Materiales de la Construcción de Cienfuegos y ubicado en el municipio de Cumanayagua, es de gran importancia para el desarrollo socio-económico de la provincia debido a la excelente calidad de la arena. Además, es el principal proveedor de esta materia prima de la zona central del país y para las exportaciones a Cayo Largo del Sur y Gran Caimán. Dicho yacimiento se explota hace más de 50 años (Menek 1981).

El área del yacimiento está formada por los depósitos aluviales del cuaternario acarreados por el río Arimao (Figura 2). Estos sedimentos

geomorfológicamente se encuentran asociados a los cauces de las corrientes del río que se depositan en sus terrazas (Roberto 1983).



Figura 2. Depósitos aluviales. Yacimiento Arimao.

El material componente del cauce del río y de la planicie aluvial es muy irregular, y varía desde capas y lentes de arena fina y arcilla hasta grava y cantos rodados. A mayor profundidad aparece material arenoso de grano medio a grueso, poco arcilloso y uniforme, que pertenece al relleno original del cauce antiguo y llega hasta una profundidad considerable de 20 m y más; estas arenas no son explotadas actualmente debido a la falta de equipamiento minero adecuado para ello.

En el río Arimao las terrazas se presentan de forma muy irregular a través de todo el curso del río, tanto por la horizontal como por la vertical. La arena se compone de cuarzo, rocas esquistosas y feldespatos.

### **1.1.1 Propiedades físico-mecánicas**

El contenido de partículas disminuye a medida que la granulometría crece en las arenas debido a que las más gruesas son las primeras en el proceso de sedimentación, mientras el contenido de grava es mayor en las arenas de grano medio y grueso. El módulo de finura de estas demuestra que son de grano grueso (Guerra 2000).

El contenido de grava es de 0 %-18 %. El módulo de finura natural oscila entre 2,2-3,0. La resistencia a la compresión de la arena es de 400 MPa-1 000 MPa y el contenido de partículas planas y alargadas oscila entre 10 %-14 %.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

En el yacimiento objeto de estudio las potencias de arena por debajo del nivel de las aguas alcanzan entre 10 m y 15 m de potencia, o sea, se pierde aproximadamente de 5 m a 6 m de material útil. Asimismo se toma en cuenta que para este método de extracción también es necesario dejar un pilar de 1 m-2 m en el piso del yacimiento para evitar accidentes como consecuencia de los hundimientos del terreno, resultado de la acción de las aguas. Este pilar, a su vez, disminuye la profundidad de extracción y, por ende, el aprovechamiento racional de este material.

### **2.1. Criterios para la elección del equipo de extracción**

Se determinaron, a partir del método Dephi (Legrá-Lobaina 2012), los criterios que se deben tener en cuenta para la selección del equipamiento en este tipo de yacimiento. De ellos se analizaron los siguientes: volumen de reservas a extraer, profundidad de dragado, tiempo de vida útil del yacimiento y variante de explotación.

#### **2.1.1. Volumen de reservas a extraer**

La estimación del volumen de reservas a extraer se basó en datos del informe geológico sobre los trabajos de exploración orientativa y detallada del yacimiento de arenas Arimao (Hernández-Machín, Suárez Del Villar y Carballo 1976). Para la estimación de la cantidad de reservas geológicas se analizaron dos variantes posibles: el método mecánico con el uso de la dragalina y el método hidráulico con el uso de dragas de succión.

La estimación de las reservas se realizó teniendo en cuenta la descripción de las secciones El Roble, Arimao A, Arimao B y Corralillo, y atendiendo a las siguientes condiciones:

Por encontrarse a una profundidad mayor de los 5 m por debajo del nivel freático

Por no cumplir con el coeficiente de escombreo

Por la cantidad de retenido y porcentaje (%) que pasa por el tamiz 200 (20 %-30 %).

El volumen de extracción con las diferentes profundidades de explotación se obtuvo teniendo en cuenta el área de extracción ( $m^2$ ) y potencia promedio (m) a las diferentes profundidades.

### 2.1.2. Profundidad de dragado

Se analizaron dos variantes: el método mecánico (dragalina) y el hidráulico con el uso de dragas de succión con longitud de brazo de 5 m, 8 m, 10 m y 12 m.

En el caso de la dragalina se tomó como base la existente en la explotación de la cantera, que se encuentra entre 4 m y 5 m de profundidad, y para el caso de la draga de succión se identificó por la profundidad de extracción posible, sin relacionar al fabricante ni la clasificación de la draga. Se tomaron como base equipos prototipos de dragas de succión con diferentes longitudes de brazos de extracción.

### 2.1.3. Tiempo de vida útil

Para establecer el tiempo de vida útil se determinó la cantidad de reservas geológicas posibles que cada variante puede extraer para obtener la productividad anual. Actualmente la producción de la cantera es de 66 000 m<sup>3</sup>/año con la dragalina.

El tiempo de vida útil para cada variante en años se obtiene a partir del volumen de mineral útil que se puede extraer con las diferentes variantes en las secciones entre la productividad de la cantera.

A partir de la siguiente expresión se obtuvo la productividad de la cantera:

$$P_c = \frac{Q}{N * K_e * K_1 * K_2} = \frac{66\,000}{0,95 * 1,25 * 0,995 * 0,70} = 79\,797,48 \text{ m}^3/\text{año} \quad (1)$$

donde:

P<sub>c</sub> –productividad de la cantera

Q –producción anual de 66 000 m<sup>3</sup>/año

N –coeficiente que tiene en cuenta las pérdidas de materia prima (0,95)

K<sub>e</sub> – coeficiente de esponjamiento (1,25)

K<sub>1</sub> –coeficiente que tiene en cuenta las pérdidas por transportación (0,995)

K<sub>2</sub> –coeficiente que tiene en cuenta el aprovechamiento de la materia prima (0,70).

### 2.1.4. Variante de explotación

Se determinó teniendo en cuenta las características del yacimiento y el sistema de explotación que se aplica actualmente (mecánico). Se puede constatar que la explotación del yacimiento de Arena-Arimao por la metodología vigente no se realiza de forma racional. La afirmación anterior tiene su fundamento en la profundidad máxima real de extracción de las dragalinas (4 m-5 m) por debajo del nivel del agua.

En el yacimiento objeto de estudio las potencias de arena por debajo del nivel de las aguas alcanzan entre 10 m y 15 m de potencia, o sea, se pierde aproximadamente de 5 m a 6 m de material útil. Se toma en cuenta, además, que para este método de extracción también es necesario dejar un pilar de 1 m-2 m en el piso del yacimiento con vista a evitar accidentes como consecuencia de los hundimientos del terreno, resultado de la acción de las aguas; dicho pilar, a su vez, disminuye la profundidad de extracción y, por ende, el aprovechamiento racional de este material.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Volumen de reservas

En la Tabla 1 se muestran las reservas geológicas que pueden ser extraídas por las variantes de extracción analizadas, así como las longitudes de brazos para dragas de succión, cuyos resultados se exponen en la Figura 3, en la que se relaciona el equipo a utilizar y el volumen probable que se puede extraer.

Tabla 1. Volumen de mineral útil que se puede extraer con el método hidráulico y mecánico

Sección analizada	Volumen de mineral útil que se puede extraer con cada método				Dragalina
	Draga de succión, con una profundidad de extracción de:				
	5 m	8 m	10 m	12 m	
El Roble	2 087 267	2 791 360	3 128 657	3 304 214	212 664
Arimao A	306 776	400 436	411 697	420 067	71 323
Arimao B	239 915	393 019	393 019	457 948	136 015
Corralillo	113 301	160 689	171 621	171 621	65 120
Total	2 747 259	3 745 504	4 104 994	4 353 850	485 122

Como se observa en la Figura 3 el volumen de reservas geológicas probadas a extraer con la utilización de la draga de succión en las zonas analizadas representa un aumento significativo de las posibilidades de extracción en el orden  $2\ 262\ 137\ m^3$ - $3\ 868\ 728\ m^3$ , mayor al que se puede extraer con el método actual.

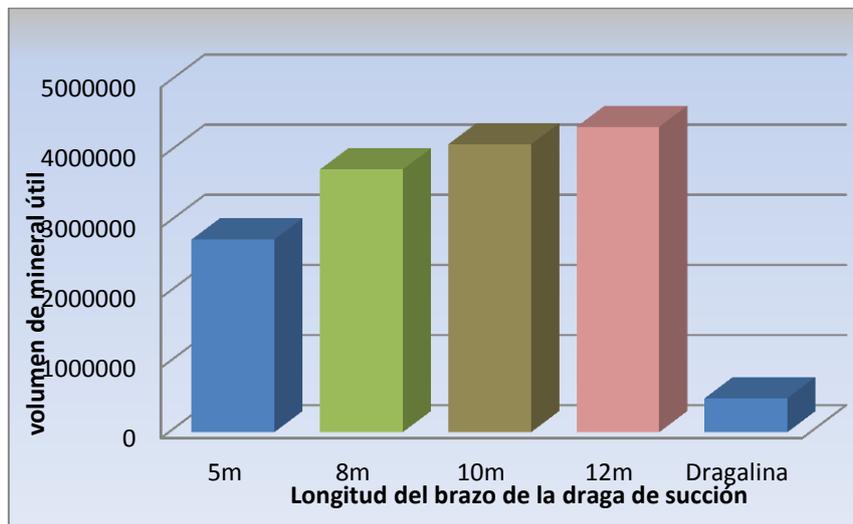


Figura 3. Volumen de mineral útil que se puede extraer en las diferentes zonas.

### 3.2. Tiempo de vida útil

En la Tabla 2 se muestran las variantes de extracción propuestas y el tiempo de vida útil para cada variante en años, estos se obtienen a partir del volumen de mineral útil, que se puede extraer con las diferentes variantes en las secciones entre la productividad de la cantera.

Tabla 2. Tiempo de vida útil del yacimiento para cada variante de extracción

Variantes propuestas de extracción	Tiempo de vida útil para cada variante (años)
Dragas con longitud de brazo: 5 m	34
Dragas con longitud de brazo: 8 m	47
Dragas con longitud de brazo: 10 m	51
Dragas con longitud de brazo: 12 m	55
Dragalina	6

Del gráfico que se muestra en la Figura 4 se puede observar que en caso de no aplicarse la variante con draga en cualquiera de sus longitudes de brazo, la productividad que se prevé con el sistema de explotación actual será solo de seis años de producción con las reservas geológicas hasta el momento

probadas, además de perder una cantidad considerable de recursos de mineral útil que el país pudiera disponer para su desarrollo.

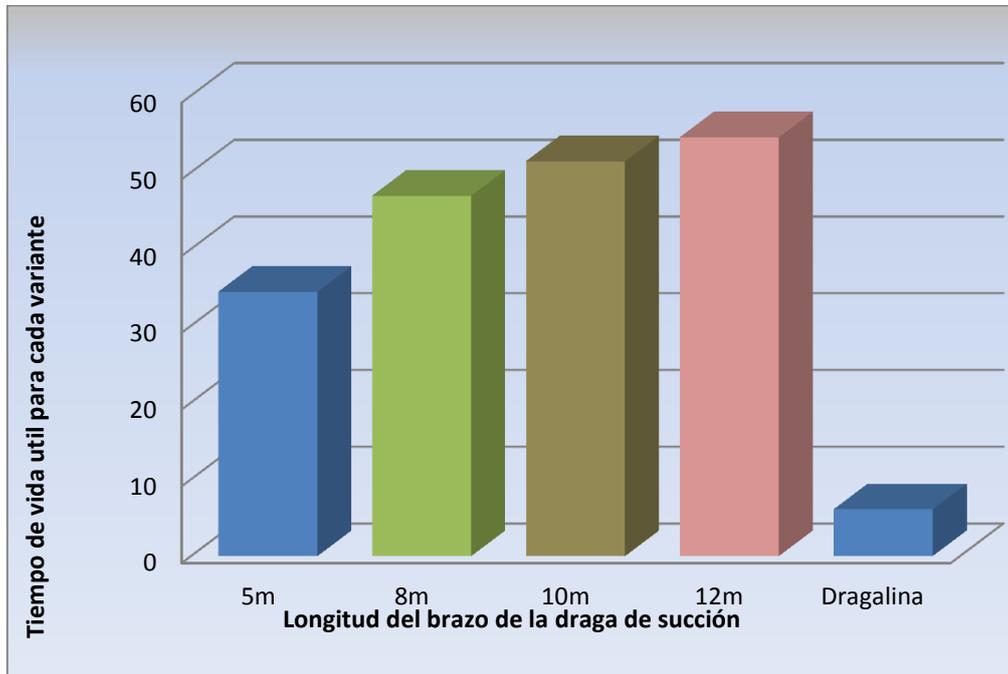


Figura 4. Vida útil para cada variante.

### 3.3. Propuesta de variante de explotación

Se propone la utilización del sistema de dragado por succión atendiendo a que las arenas situadas en la parte superior presentan, por lo general, el mayor contenido en partículas arcillosas (20 %-30 %) que al ser lavadas solo permite un aprovechamiento de (50 %-60 %) del material extraído con la dragalina. Sin embargo, las arenas que se encuentran en las partes inferiores presentan la mejor calidad desde punto de vista de su pureza, hasta los módulos de finura, que son muy superiores a los de la parte actualmente explotada y que si se mezclaran entre sí mejorarían notablemente la calidad de esta materia prima (Roberto 1983).

Se considera también el método hidráulico como el principal agente de transporte de la materia prima a la planta debido a que el material llegaría de forma semi-elaborado, teniendo en cuenta que en el proceso de transporte el agua actúa progresivamente sobre el material homogenizándolo y lavándolo. Todo lo anterior se debe a que en el proceso tecnológico, durante la hidrotransportación de la masa mineral, en la salida de la tubería hay un brusco cambio de la velocidad crítica de transportación y permite la separación de las arenas de la parte arcillosa (Menek 1981).

Otro de los aspectos positivos es que el transporte del material se podrá realizar por tuberías hasta la planta en caso de que esté cerca; lo cual

favorece en gran medida el ahorro de combustible al disminuir la cantidad de camiones para transportar el material. Es el método que menos afecta la ecología, gracias a una utilización más racional del área de explotación.

Con la utilización del sistema de dragado por succión en la zona de investigación actual se aumentaría el aprovechamiento y el volumen de las reservas con respecto a las reservas extraíbles con el método tradicional, ya que no existe la posibilidad por parte de la Empresa de Materiales de la Construcción de Cienfuegos de extraer las reservas inundadas dejadas por la extracción con la dragalina en áreas ya explotadas del yacimiento.

Por otra parte, los lentes de arcillas, que son pocos en el área del yacimiento, no traerían problemas a la explotación ya que estas, debido a la precisión del agua y su transporte, se pueden diluir y separar del resto del material útil (Miloslav y Flimmel 1971).

Vale decir que este método que se propone permite también explotar las reservas que se encuentran en el cauce del río (reservas actualmente sin explotar). Además, eliminaría una parte de los pilares de seguridad que se dejan actualmente debido al método de explotación empleado y que están conformadas por material útil. De acuerdo con estos resultados se recomienda el uso de una draga de succión.

#### 4. CONCLUSIONES

- Con la utilización de la draga de succión las reservas extraíbles aumentan en el orden de 2 262 137 m<sup>3</sup> hasta los 3 868 728 m<sup>3</sup>.
- El uso de la draga de succión permite extraer en áreas ya explotadas del yacimiento las reservas inundadas dejadas por la dragalina, lo que redundaría en una explotación más eficiente.

#### 5. REFERENCIAS

- Barba-Chi, M.; Imad, A.; Jeffali, F.; Boudjellal, K. y Bouabaz, M. 2017: Physical characterization of sea shell for a concrete formulation. *Journal of materials and Environmental Sciences*, 8(1): 332-337.
- Ganiron, T. U. 2015: Recycling concrete debris from construction and demolition waste. *International Journal and Advance Science and Technology*, 77: 7-24.
- Guerra, R. 2000: Solicitud de concesión minera de explotación. Cienfuegos: Empresa de Materiales de la Construcción.
- Hernández-Machín, R.; Suárez del Villar, A. y Carballo, D. 1976: Informe sobre los trabajos de exploración orientativa y detallada en el yacimiento de arenas Arimao. Cienfuegos.

- Legrá-Lobaina, A. A. 2012: Aplicación informática para aplicar el Método de Expertos Delphi: Manual de ayuda. Versión 1.0.
- Martínez-Segura, M. A. 2009: *Diagnóstico tecnológico del sector de los áridos y su aplicación a la región de Murcia*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena. Consultado: 1/05/2018. Disponible en: <http://repositorio.upct.es/handle/10317/1343>.
- Milián-Milián, E.; Ulloa-Carcassés, M. y Jornadakrebs, A. S. 2012: Evaluación minero ambiental del yacimiento polimetálico, Santa Lucía de Pinar del Río, Cuba. *Minería y Geología*, 28(3): 68-75.
- Montes-de-Oca, A. y Ulloa-Carcassés, M. 2013: Recuperación de áreas dañadas por la minería en la Cantera Los Guaos, Santiago de Cuba, Cuba. *Luna Azul*, 37: 74-88.
- Menek, M. 1981: Informe sobre la calidad de los materiales producidos por la Empresa de Materiales de Construcción. Villa Clara: Empresa de Materiales de Construcción de Cienfuegos.
- Miloslav, M. y Flimnel, J. 1971: Informe sobre la búsqueda y explotación preliminar de arena para la construcción en los alrededores del río Arimao. Cienfuegos: Empresa de Materiales de la Construcción.
- Pedroso-Acosta, H. y EXPLOMAT. 2007: Proyecto minero de explotación de la concesión minera Arimao-II el roble, zona VI. Villa Clara: Empresa de Materiales de la Construcción.
- Pérez-González, J. E. 2005: Estudio de Gestión Tecnológica. Cienfuegos: Empresa de Materiales de la Construcción.
- Roberto, F. 1983: Informe final sobre la exploración complementaria del yacimiento Arena-Arimao como material para la construcción. Cienfuegos: Empresa de Materiales de la Construcción.

Recibido: 08/10/2018

Aceptado: 07/05/2019