

Estudio de Absorción y Densidad de la Laja tipo Salmón Procedente de San José de Gracia, Molcaxac, Puebla, México

A. M. Morales-Tassinari^{1*}, E. Gómez-Alonso², M. Zárate-Reyes¹

Resumen—El estudio tuvo como propósito determinar el porcentaje de absorción y la densidad en la laja tipo Salmón procedente de San José de Gracia, Molcaxac, Puebla México. Para el ensayo de absorción se aplicó el procedimiento de la norma ASTM C121/C121M-09 utilizando 24 probetas con dimensión de 100X100X10 mm; además, para el ensayo de densidad se aplicó el procedimiento de la norma ASTM C97/C97M-15. Los ensayos consistieron en el secado de las probetas a $60\pm 2^\circ\text{C}$ durante 48 horas, saturación en agua destilada a temperatura ambiente promedio de $22\pm 2^\circ\text{C}$ durante 48 horas y suspensión en agua destilada a temperatura ambiente promedio de $22\pm 2^\circ\text{C}$. Los resultados obtenidos en este estudio fueron que la laja tipo Salmón extraída de la cantera tuvo un porcentaje de absorción del 4.38 % y una densidad de 2378 kg/m³. De acuerdo con los resultados obtenidos, la laja tipo Salmón procedente de San José de Gracia, Molcaxac, Puebla, México, no cumple con las especificaciones de la norma ASTM C629-03; por lo que, este material no es recomendado para usos donde exista demasiada humedad.

Palabras claves— Absorción, densidad, ensayo de absorción, ensayo de densidad, laja tipo Salmón.

Abstract—The study had the purpose to determine the percentage of absorption and density in the slate type Salmón from San José de Gracia, Molcaxac, Puebla México. For the absorption test the ASTM C121/C121M-09 standard procedure was apply using 24 specimens with a dimension of 100X100X10 mm; also, for the density test the ASTM C97/C97M-15 standard procedure was apply. The test consisted in the drying of the specimen at $60\pm 2^\circ\text{C}$ for 48 hours, saturation in distilled water at an average room temperature of $22\pm 2^\circ\text{C}$ for 48 hours and suspension in distilled water at an average room temperature of $22\pm 2^\circ\text{C}$. The results obtained in this study are that the slate type Salmón extracted from the quarry had an absorption percentage of 4.38 % and a density of 2378 kg/m³. According to the results obtained, the slate type Salmón from San José de Gracia, Molcaxac, Puebla, Mexico, not meets the specifications of the ASTM C629-03 standard; therefore, this material is not recommended for applications where there is too much moisture.

Keywords— Absorption, absorption test, density, density test, slate type Salmón.

¹ Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Tepexi de Rodríguez, Docente de Ingeniería Mecánica, Avenida Tecnológico s/n, Col. Barrio San Sebastián Sección Primera, C.P. 74690, Tepexi de Rodríguez, Puebla, México.

² Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Tepexi de Rodríguez. Estudiante de Ingeniería Mecánica. Av. Tecnológico s/n Col. Barrio San Sebastián Sección Primera, C.P. 74690, Tepexi de Rodríguez, Puebla, México.

* tassinari.adolfo1973@gmail.com

I. INTRODUCCIÓN

Desde hace mucho tiempo, la piedra laja ha sido utilizada como material para pisos y revestimientos de fachadas de casas y edificios; también, suelen usarse como piezas ornamentales. La laja o pizarra es una roca metamórfica microcristalina comúnmente derivada del esquisto y compuesta por mica, clorita y cuarzo; así, los minerales micáceos tienen una orientación subparalela y, por lo tanto, imparten una fuerte escisión a la roca que permite que esta última se divida en láminas delgadas pero resistentes [1]. Cabe mencionar que, la laja de grado arquitectónico debe de estar libre de grietas, costuras, comienzos u otros rasgos que puedan afectar su integridad estructural o función; además, las variaciones características de color inherentes de la cantera de la que se obtiene serán aceptables [2].

Las explotaciones de la laja son a cielo abierto realizadas mediante desmonte con maquinaria, perforación y voladura; de esta forma, la laja se separa con cuñas y otras herramientas clasificándose por tamaños, grosores y, en ciertos casos, se cortan y dimensionan empleando discos diamantados [3]. Los colores de la laja son variados desde el gris y ocre hasta el marrón; además, de colores azules, rojos, negros y verdes, según la incidencia de óxidos de hierro, manganeso y otros minerales. En la localidad de San José de Gracia, Molcaxac, Puebla, México, existe una cantera de laja tipo Salmón, que es una roca de color salmón con vetas oscuras; En la Figura 1, se muestra la cantera de laja tipo Salmón; mientras que en la Figura 2, se muestra la superficie de la laja tipo Salmón:



Figura 1. Fotografía de la cantera de laja tipo Salmón



Figura 2. Fotografía de la superficie de la laja tipo Salmón

Desde el punto de vista físico, las rocas presentan diferentes propiedades que se expresan por medio de parámetros que cuantifican determinados aspectos o comportamiento. En este sentido, las propiedades físicas de las rocas derivan de las características puramente petrográficas; de los minerales que las forman, de su tamaño y morfología; del volumen de poros, de su forma y de la naturaleza de los fluidos que rellenan estos poros [4]. Por lo que, pequeñas variaciones pueden producir cambios significativos en las propiedades físicas modificando su idoneidad; así, estas propiedades deben ser evaluadas en cada una de las zonas extractivas [5].

Entre las propiedades físicas importantes en las rocas destacan: la absorción que es la capacidad de una roca de llenar sus poros con agua, y la densidad que es la cantidad de masa por unidad de volumen [6]. Para determinar la absorción se realiza el ensayo de inmersión total, en el cual la filtración de agua se produce por succión y bajo la presión de la columna de agua; de esta forma, el frente húmedo avanza desde la superficie lateral hacia el núcleo interior [7]. Mientras que para determinar la densidad se realiza el ensayo de pesada hidrostática, el cual está basado en el principio de Arquímedes y para que el resultado del ensayo sea correcto debe garantizarse una buena saturación de las muestras [8].

Existen diversas investigaciones sobre las propiedades de absorción y densidad en rocas de diversas partes del mundo, por ejemplo en la cantera de La Planadera, Asturias, España, la caliza tipo Rojo Cornellana tiene una absorción de 0.2 % y una densidad de 2700 kg/m³ [9]. También, en las canteras de Morata de Tajuña, Madrid, España, la caliza Morata Tajuña tiene un porcentaje de absorción de 1.6 % y una densidad de 2.58 g/cm³ [10]. Además, en las canteras del Departamento de Córdoba, Colombia, la caliza denominada Mármol Royal Bronce tiene un porcentaje de absorción de 3.39 % y una densidad de 1.63 g/cm³ [11].

En México también se han realizado investigaciones

sobre estas propiedades físicas, tal es el caso en el estado de Yucatán la piedra caliza tiene un porcentaje de absorción de 7.11 % y una densidad de 2.11 g/cm³ [12]. También, en la Ciudad de Morelia, Michoacán, la roca del cerro El Colegio tiene un porcentaje de absorción de 0.88 % y una densidad de 2.62 g/cm³ [13]. Además, en las canteras de San Juan Ixcaquixtla, Puebla, México, el travertino tipo Dorado Tepexi tiene un porcentaje de absorción de 0.91 % y una densidad de 2624 kg/m³ [14]; mientras que, en la cantera de Agua de la Luna, Tepexi de Rodríguez, Puebla, México, el mármol tipo Café Tabaco tiene un porcentaje de absorción de 0.34 % y una densidad de 2773 kg/m³ [15].

El presente estudio tiene como finalidad determinar el porcentaje de absorción y la densidad de la laja tipo Salmón procedente de San José de Gracia, Molcaxac, Puebla, México, aplicando los procedimientos de las normas ASTM C121/C121M-09 *Standard Test Method for Water Absorption of Slate* y ASTM C97/C97M-15 *Standard Test Methods for Absorption and Bulk Specific Gravity of Dimension Stone*. Este estudio, es importante debido a que la laja tipo Salmón para considerarse como material de exportación debe cumplir con los parámetros establecidos por la norma ASTM C629-03 *Standard Specification for Slate Dimension Stone* los cuales son: 0.25% de absorción mínima en exteriores y 0.45% de absorción mínima para interiores [16].

De acuerdo con la norma ASTM C121/C121M-09 para la obtención del porcentaje de absorción, las probetas deben secarse a una temperatura de 60±2 °C durante 48 horas para obtener su peso seco (A), y después, se saturan con agua destilada a temperatura de 22±2 °C durante 48 horas para obtener su peso saturado (B) [17]; por lo que el porcentaje de absorción (A_A) se obtiene mediante la Ecuación (1):

$$A_A = \frac{B - A}{A} \times 100\% \quad 1$$

Ahora bien, la norma ASTM C97/C97M-15 menciona que para la obtención de la densidad, las probetas deben secarse a una temperatura de 60±2 °C durante 48 horas para obtener su peso seco (A), después se saturan con agua destilada a temperatura de 22±2 °C durante 48 horas para obtener su peso saturado (B), finalmente se obtiene el peso suspendido (C) mediante el método de pesada hidrostática [18]. Por lo tanto, la densidad (ρ) se obtiene mediante la ecuación (2) [18]:

$$\rho = \frac{A}{B - C} \times 1000 \quad 2$$

II. PARTE TÉCNICA DEL ARTÍCULO

Los ensayos de absorción y densidad realizados a la laja tipo Salmón de la cantera ubicada en la localidad de San José de Gracia, Molcaxac, Puebla, México, se realizaron en el Laboratorio de Ciencias e Investigación en Materiales (LACIIM) ubicado en el Centro de Competitividad y Tecnología para la Industria del Mármol del Estado de Puebla (CECOTIMEP) perteneciente al Instituto Tecnológico Superior de Tepexi de Rodríguez (ITSTR) del Tecnológico Nacional de México (TecNM).

Además, para los ensayos de absorción y densidad se utilizaron los siguientes equipos y materiales: pulidora marca MTI KJ GRUOP modelo UNIPOL-820, vernier analógico marca MITUTOYO modelo 530-312, horno de secado marca MEMMERT modelo UP500, báscula digital marca METTLER TOLEDO modelo PB3002-S DeltaRange, contenedores de plástico duro con capacidad de 16 litros, termómetro digital marca MATEST-HANNA modelo HI-935009, 20 litros de agua destilada marca HERCOTEC, lijas con tamaño de grano 400. De la Figura 3a) a la Figura 3h), se muestran las fotografías de los equipos y materiales utilizados:



Figura 3. Equipos y materiales empleados en el ensayo de absorción y de densidad: a) Pulidora de muestras; b) Vernier análogo; c) Horno de secado; d) Báscula digital; e) Contenedores de plástico; f) Termómetro digital; g) Agua destilada; h) Lija con tamaño de grano 400.

A. Selección y preparación de las probetas

La empresa Lajas Gómez procesó las probetas para las pruebas de absorción y densidad; por lo que, se seleccionaron 24 probetas de acuerdo al color característico de la laja tipo Salmón y que cada cara tuviera una dimensión de 100X100X10 mm con una tolerancia máxima de +0.5 mm en cada lado. Las 24 probetas seleccionadas fueron pulidas con lija número 400 con una pulidora; esto se realizó, para eliminar el exceso de rugosidad superficial proveniente del proceso de corte. En la Figura 4, se muestra una fotografía del proceso de pulido de una probeta:



Figura 4. Fotografía del pulido de una probeta.

Después del pulido, se procedió a verificar que las 24 probetas tuvieran una dimensión de 100X100X10 mm con una tolerancia de ± 0.5 mm en cada una de sus caras; esto se realizó, para dar cumplimiento del tamaño de probeta recomendado por la norma ASTM C121/C121M-09. Finalmente, a las 24 probetas se le asignó un número para identificarlas durante los ensayos de absorción y densidad; por lo que, se les asignaron la numeración de la PA01 a la PA24. En la Figura 5, se muestra una fotografía de las 24 probetas preparadas y numeradas:

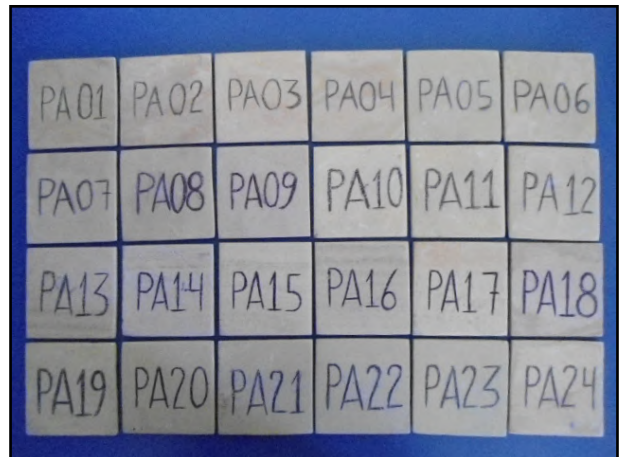


Figura 5. Fotografía de las 24 probetas numeradas.

B. Obtención del peso seco de las probetas

De acuerdo con la norma ASTM C121/C121-09, para el secado inicial de las probetas, se precalentó el horno a una temperatura de 60°C; después se introdujeron las 24 probetas dentro del horno a una temperatura de 60±2°C durante 48 horas; en la Figura 6, se muestra la fotografía del secado:



Figura 6. Fotografía del secado de las probetas.

Para garantizar que las 24 probetas estuvieran secas se pesaron con una báscula digital en la hora 46, 47 y 48; por lo tanto, como en estas tres horas consecutivas las 24 probetas no tuvieron cambio en su peso, se consideró que en la hora 48 las 24 probetas estaban totalmente secas. En la Figura 7, se muestra una fotografía del peso seco de la probeta PA01:



Figura 7. Fotografía del peso seco de la probeta PA01.

Cabe mencionar que, las 24 probetas secas fueron pesadas a una temperatura ambiental de 22±2 °C.

C. Obtención del peso saturado de las probetas

Después de obtener el peso seco de las 24 probetas, se sumergieron en agua destilada a temperatura ambiente promedio de 22±2°C durante 48 horas para que se saturaran; en la Figura 8, se muestra la fotografía de la saturación de las 24 probetas:



Figura 8. Fotografía de las 24 probetas inmersas en agua destilada.

Para garantizar que las 24 probetas estuvieran saturadas, se pesaron con una báscula digital en la hora 46, 47 y 48; por lo tanto, como en estas tres horas consecutivas las 24 probetas no tuvieron cambio en su peso, se consideró que en la hora 48 las 24 probetas estaban totalmente saturadas. En la Figura 9, se muestra la fotografía del peso saturado de la probeta PA01:



Figura 9. Fotografía del peso saturado de la probeta PA01.

Cabe mencionar que, las 24 probetas saturadas fueron pesadas a una temperatura ambiental de 22±2 °C.

D. Obtención del peso suspendido de las probetas

De acuerdo con la norma ASTM C97/C197M-15, para la obtención del peso suspendido, las probetas saturadas se

colocaron en una canastilla previamente conectada a la báscula digital; en la Figura 10, se muestra la fotografía del peso suspendido de la probeta PA01:



Figura 10. Fotografía del peso suspendido de la probeta PA01.

Cabe mencionar que, las 24 probetas suspendidas fueron pesadas a una temperatura ambiental de 22±2 °C.

III. RESULTADOS

De acuerdo con la norma ASTM C121/C121M-09, a partir del peso seco (W_1) y del peso saturado (W_2) se obtiene el porcentaje de absorción (A_A) de cada probeta individual aplicando la Ecuación 1 [17]:

$$A_A = \frac{B - A}{A} \times 100\% \quad 1$$

Además, la norma ASTM C97/C97M-15 menciona que a partir del peso seco (A), del peso saturado (B) y del peso suspendido (C) se obtiene la densidad (ρ) de cada probeta individual aplicando la Ecuación 2 [18]:

$$\rho = \frac{A}{B - C} \times 1000 \quad 2$$

En la Tabla I, se muestra el resultado del porcentaje de absorción y la densidad de la laja tipo Salmón de la cantera ubicada en la localidad de San José de Gracia, Molcaxac, Puebla, México:

TABLA I
RESULTADOS DEL PORCENTAJE DE ABSORCIÓN Y DE LA DENSIDAD

Probeta	Peso Seco A (g)	Peso Sat. B (g)	Peso Susp. C (g)	Absorción A_A (%)	Densidad ρ (kg/m ³)
PA01	162.06	169.75	100.95	4.75	2356

PA02	166.43	172.96	103.95	3.92	2412
PA03	175.69	182.77	109.58	4.03	2400
PA04	162.44	168.62	101.54	3.80	2422
PA05	165.49	173.62	102.97	4.91	2342
PA06	166.75	173.19	103.99	3.86	2410
PA07	163.61	171.26	101.79	4.68	2355
PA08	158.25	165.69	98.54	4.70	2357
PA09	163.62	169.14	102.10	3.37	2441
PA10	152.53	161.45	95.00	5.85	2295
PA11	151.63	159.56	94.26	5.23	2322
PA12	155.08	163.55	96.61	5.46	2317
PA13	165.57	170.88	103.39	3.21	2453
PA14	161.75	166.96	100.94	3.22	2450
PA15	158.40	164.82	98.57	4.05	2391
PA16	165.40	170.84	103.28	3.29	2448
PA17	176.97	183.91	110.54	3.92	2412
PA18	156.38	162.68	97.73	4.03	2408
PA19	164.52	172.24	102.47	4.69	2358
PA20	169.38	177.15	105.44	4.59	2362
PA21	159.30	166.74	99.07	4.67	2354
PA22	163.35	171.31	101.48	4.87	2339
PA23	172.72	180.92	107.79	4.75	2362
PA24	164.87	173.65	102.69	5.33	2323
Promedio				4.38	2378
Desviación Estándar				0.74	46

IV. DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Es importante mencionar que, la norma ASTM C629-03 *Standard Specification for Slate Dimension Stone* cubre las especificaciones sobre las características del material, requisitos físicos y muestreo apropiados para la selección de lajas para fines generales de construcción y estructurales [16]; además, el *Marble Institute of America* ha declarado un rango de densidad [2]. Por lo tanto, en la Tabla II se muestra la comparación del resultado obtenido en el ensayo de absorción con respecto a los establecidos por la norma ASTM C629-03 y del resultado obtenido en el ensayo de densidad con respecto a lo establecido por la *Marble Institute of America*:

TABLA II
COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON LOS VALORES DE LA NORMA

Propiedades	Parámetros	Resultados Obtenidos
Absorción (%) máximo ^[16]	0.25 (interiores)	4.38
	0.45 (exteriores)	
Densidad (kg/m ³) mínimo ^[2]	2723	2378

Como se muestra en la Tabla II, el porcentaje de absorción obtenido de 4.38% está por arriba de los valores máximos establecidos por la norma ASTM C629-03; además, la densidad obtenida de 2378 kg/m³ está por debajo del valor mínimo establecido por la *Marble Institute of America*.

Con base en los resultados obtenidos en los ensayos de absorción y densidad, se concluye que la laja tipo Salmón procedente de San José de Gracia, Molcaxac, Puebla, México, no cumple con la especificación de absorción máxima de la norma ASTM C629-03 ni con la densidad mínima de la *Marble Institute of America*; por lo tanto,

este material no se recomienda para usos donde exista mucha humedad.

En este sentido, es recomendable utilizar hidrofugantes, que son productos que una vez aplicados sobre la superficie de la roca impiden la entrada de agua líquida en los poros de la roca, permitiendo la transpiración de la roca en forma de vapor de agua [19]. Así, con este tipo de protección se mitigan los problemas de absorción; por lo que, el material puede mantenerse seco, permitiendo con esto una durabilidad por un mayor tiempo.

V. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la empresa Lajas Gómez por las facilidades brindadas para la recolección de las muestras; además por haber procesado las probetas. De igual manera, agradecen al Instituto Tecnológico Superior de Tepexi de Rodríguez por prestar sus instalaciones y equipos para la realización de los ensayos de absorción y densidad.

VI. REFERENCIAS

- [1] Standard terminology relating to dimension stone, ASTM Standard C119-16, 2016.
- [2] Dimension Stone Design Manual Version VIII: Slate. USA: Marble Institute of America, 2016.
- [3] T. Villanueva. "La minería de la pizarra en Castilla y León, España" España: Sociedad de Investigación y Explotación Minera de Castilla y León (SIEMCALSA), 2010.
- [4] D. Benavente, A. Bernabéu y J. Cañaveras, "Estudio de propiedades físicas de las rocas", Enseñanzas de las Ciencias de la Tierra, vol. 12, no. 1, pp. 62-68, 2004.
- [5] M. Urisevich, E. Pardo, E. Ruiz-Agudo y C. Cardell. "Evaluación de las propiedades físicas de dos rocas carbonáticas usadas como material de construcción actual e histórico en Andalucía Oriental, España", Materiales de Construcción, vol. 61, no. 301, pp. 93-114, 2011.
- [6] R. Sastre y F. Muñoz. Propiedad de los Materiales y Elementos de Construcción. España: Universitat Politècnica de Catalunya, 2010.
- [7] C. Vielba y F. Hernández. "Ensayos de caracterización del comportamiento frente al agua de la piedra natural", Materiales de Construcción, vol. 52, no. 267, pp. 43-54, 2002.
- [8] F. Alonso, Durabilidad de materiales rocosos. Oviedo, España: Universidad de Oviedo, 2013.
- [9] L. Suárez, L. Calleja, I. Díez, V. Ruíz, A. Rodríguez y F. Alonso. "Características tecnológicas de las rocas ornamentales de Asturias", Trabajos de Geología, no. 23, pp. 73-84, 2002.
- [10] E. Pérez-Moserrat, C. Peropadre, R. Fort y M. Varas-Muriel. "La caliza de Morata de Tajuña, Comunidad de Madrid: una piedra tradicional de construcción en la capital a principios del siglo XX", Boletín Geológico y Minero, vol. 128, no. 4, pp. 963-988, 2017.
- [11] R. Acevedo y M. González-Guillot. "Estudio preliminar de las características petrográficas, petrofísicas y comportamiento mecánico de rocas naturales tipo "Piedra Bogotana" y "Mármol Royal Bronze" utilizadas en construcciones patrimoniales y recientes en Colombia", Revista UIS Ingenierías, vol. 18, no. 3, pp. 203-222, 2019.
- [12] L. Alonzo y L. Espinosa. "Estudio de las propiedades de la roca caliza de Yucatán", Ingeniería, vol. 7, no. 1, pp. 27-36, 2003.
- [13] M. Navarrete, W. Martínez, E. Alonso, C. Lara, A. Bedolla, H. Chávez, D. Delgado y J. Arteaga. "Caracterización de propiedades físico-mecánicas de rocas ígneas utilizadas en obras de infraestructura". ALCONPAT. vol. 3, no. 2, pp. 113-114, 2013.

- [14] A. Morales, S. Flores y J. Hernández, "Determinación de las propiedades de absorción y densidad de la roca caliza travertino tipo dorado tepexi", Ingenierías, vol. 1, no. 1, pp. 08-14, 2015.
- [15] A. Morales, M. Velasco, P. Cruz y C. Chametla. "Estudio de absorción y densidad en el mármol tipo Café Tabaco procedente de Agua de Luna, Tepexi de Rodríguez, Puebla, México", en Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals CICS Tuxpan 2017, vol. 9, no. 4, pp. 1366-1371, 2017.
- [16] Standard Specification for Slate Dimension Stone, ASTM Standard C629-03, 2004.
- [17] Standard Test Method for Water Absorption of Slate, ASTM Standard C121/C121M-09, 2009.
- [18] Standard Test Methods for Absorption and Bulk Specific Gravity of Dimension Stone, ASTM Standard C97/C97M-15, 2015.
- [19] I. De Rosario y J. Feijoo, Alteración de las rocas y otros materiales de construcción en los monumentos: Técnicas de Conservación. Vigo, España: Servizo de Publicacións da Universidade de Vigo, 2016a.

VII. BIOGRAFÍA

Morales Tassinari, Adolfo Manuel. Nació el 19 de Junio de 1973 en Veracruz, Veracruz, México. Es:



-Ingeniero Industrial Mecánico titulado en 1998 por el Instituto Tecnológico Veracruz ubicado en Veracruz, Veracruz, México.

-Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecánica titulado en 2015 por el Instituto Tecnológico de Veracruz ubicado en Veracruz, Veracruz, México.

El actualmente labora en el Instituto Tecnológico Superior de Tepexi de Rodríguez ubicado en Tepexi de Rodríguez, Puebla, México, como Docente de Ingeniería Mecánica; además, es líder de la línea de investigación de Caracterización e Industrialización de Materiales Pétreos.

M.C. Morales es miembro de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Mecánica (SOMIM) desde septiembre de 2017; además, obtuvo la certificación como Auditor Líder Internacional en Sistemas de Gestión en 2009, la certificación como Green Belt Lean Six Sigma en 2015, el reconocimiento al Mérito Investigador durante el Congreso Internacional de Academia Journals Fresnillo 2017, la certificación CSWA de SolidWorks en 2018 y la certificación SolidWorks Accredited Educator en 2018.

Gómez Alonso, Emanuel. Nació el 24 de Mayo de 1994 en San José de Gracia, Molcaxac, Puebla, México. Es estudiante de Ingeniería Mecánica en el Instituto Tecnológico Superior de Tepexi de Rodríguez ubicado en Tepexi de Rodríguez, Puebla, México.

Zárate Reyes, Moises. Nació el 02 de Diciembre de 1979 en Tepeaca, Puebla, México. Es:



-Licenciado en Física titulado en 2009 por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla ubicada en Puebla, Puebla, México.

-Maestro en Física titulado en 2010 por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla ubicada en Puebla, Puebla, México.

-Doctor en Física titulado en 2015 por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla ubicada en Puebla, Puebla, México.