

Diseño y puesto en funcionamiento de microambientes industriales

M.M.A Gerardo - Brianza Gordillo., ING. Brandon Daniel - Gallegos García., M.I. Miguel Ángel - Zamarripa Muñoz.

^a Universidad Tecnológica de Aguascalientes, gerardo.brianza@utags.edu.mx, Aguascalientes, Aguascalientes, México.

^b IASA Metal Ixtlahuatl 114, Solidaridad II, 20263 Aguascalientes, Ags. ingenieria@iasametal.com, Aguascalientes, Aguascalientes, México.

^c Universidad Tecnológica de Aguascalientes, miguel.zamarripa@utags.edu.mx, Aguascalientes, Aguascalientes, México.

Resumen

El secado es un paso importante en la producción de sanitarios debido a la naturaleza crítica del proceso, además de la importancia del tiempo requerido para completar el ciclo de producción. Este proceso altamente desafiante requiere espacio, mano de obra para cargar, descargar y manipular los productos. El presente trabajo muestra los análisis tecnológicos a fin de reducir los tiempos de secado y el consumo de energía, para optimizar el uso y la recuperación de la energía térmica disponible en los secadores por ende reduciendo las pérdidas en tiempo de ciclo y energía. Se muestra; el proyecto, el diseño, el armado, las modificaciones de aporte y sustento tecnológico, la puesta en marcha. Se muestran los métricos que se obtienen de la mejora en el proceso de secado dentro del área de producción y la optimización en tiempo de ciclo, así como su impacto económico. Con el acomodo de las piezas se reduce el tiempo normalmente empleado desde su desmoldeo, con el diseño propuestos, la optimización del espacio con el acomodo óptimo para el espacio disponible dentro de los secadores. También con base en el diseño la validación estructural, se supervisó el armado y ensamble de los elementos estructurales, además de la ubicación y colocación de paneles de refrigeración, forrado interior, armado de ductos, instalación de cortinas automáticas, cálculo de caída de tensión para el gabinete principal de control, modificación de diseño de una unidad de tratamiento de aire, entre otros.

Palabras clave— Análisis estructural, Diseño, Manufactura, Tiempo de secado.

Abstract

Drying is an important step in the production of toilets due to the critical nature of the process, in addition to the importance of the time required to complete the production cycle. This highly challenging process requires space, labor to load, unload, and handle the products. The present work shows the technological analyses for the purpose of reduce drying times and energy consumption, to optimize the use and recovery of energy used in drying cycles available in the dryers, thus reducing losses in cycle time and energy. It shows; the project, the design, the assembly, contributions in the modification in

technological support, the start-up. The metrics obtained from the improvement in the drying process within the production area and the optimization in cycle time are shown, as well as their economic impact. With the arrangement of the pieces, the time normally used since their demolding is reduced, with the proposed design, the optimization of the space with the optimal arrangement for the available space inside the dryers. Also based on the design the structural validation, the assembly of the structural elements was supervised, in addition to the location and placement of cooling panels, interior lining, duct assembly, installation of automatic curtains, voltage drop calculation for the main control cabinet, modification of the design of an air handling unit, among others.

Keywords— Design, Drying Time, Manufacturing, Structural Analysis.

1. INTRODUCCIÓN

IASA Metal es una empresa dedicada a ofrecer soluciones en la fabricación de partes diseñadas y fabricadas, infraestructura y servicios de alta calidad en general. El presente proyecto consiste en diseñar y auxiliar en el armado y/o ensamble de elementos estructurales de acuerdo a planos de diseño y fabricación, colocación de paneles de refrigeración, forrado y armado de ductos, instalación de cortinas automáticas, cálculo de caída de tensión para gabinete principal de control, modificación de diseño de una unidad de tratamiento de aire, entre otros.

Al final del armado de cada uno de los microambientes y antes de la puesta en marcha, se validará por control de calidad de la empresa cada uno de los elementos estructurales: armado, ensamble y posicionamiento correcto, retoque de pintura, resistencia mecánica. Y principalmente se verificarán las variables de temperatura - tiempo en un ciclo de trabajo. Para así finalmente, validar el funcionamiento de los microambientes con base a la generación de calor requerida para el proceso de secado de productos cerámicos. La metodología de enfoque de este proyecto es cuantitativa ya que se va a recolectar información del número de piezas totales del ensamblaje directamente de los planos de fabricación, donde se identifica cada estructura por número de serie y/o parte, así como de las conexiones y soportes correspondientes del mismo. Y así establecer un ensamble de estructura correcta y funcional.

Se seguirá la metodología "PERT", que significa Técnica de Evaluación y Revisión de Proyecto (*Project Evaluation Review Technique*, por sus siglas en inglés). Este método de gestión de proyectos tiene en cuenta el tiempo que toma completar una tarea. Se consideró esta metodología, ya que permite un análisis particular y general de aquellas actividades que se indican en el plan operativo propuesto inicialmente.

Además, se plantea con ayuda de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM-006-STPS-2014, NOM-001-SEDE-2012), realizar las acciones e inspecciones de seguridad pertinentes durante el ensamble de los elementos estructurales, así como

de las actividades ya mencionadas. Siguiendo en todo momento los procedimientos de inspección y operación estipulados en la normativa de seguridad e higiene vigente durante la realización del proyecto.

2. CONTENIDO

2.1 Definición de Microambiente

Un microambiente o un “pre-secador” industrial (figura 1) como comúnmente es conocido, permite minimizar el tiempo normalmente requerido desde el desmoldeo de las piezas hasta la entrada de las secadoras, ahorrando el espacio necesario para el estacionamiento de las piezas antes del ciclo de secado. Esta solución se adopta cuando no es posible colocar las piezas en el secador inmediatamente después del desmoldeo según la tipología del artículo o los requisitos de producción cómo se consulta de S.p.A. Marcheluzzo [1].

Fig. 1. Vista frontal de Microambiente Industrial.



Fuente: consulta de S.p.A. Marcheluzzo [1].

2.2 Manejo correcto de las fases de pre-secado

Cuando el material está listo para ser secado, este puede ingresar (figura 2) a dos tipos diferentes de secadores: aquellos con un flujo de aire de baja velocidad, pero constante y uniforme, y aquellos con un flujo de aire de alta velocidad, pero más turbulento. Los secadores de flujo uniforme constante de baja velocidad son adecuados para el secado inicial de las piezas cuando aún están muy húmedas (parte del proceso de contracción puede ocurrir en el secador), pero el segundo tipo son más adecuados cuando el proceso de contracción se ha completado como pueden operar a la máxima velocidad del aire sin problemas. Como menciona en S.p.A. Marcheluzzo [1] el pre-secador juega un papel importante en todas situaciones.

Fig. 2. Vista Interior de Microambiente Industrial.



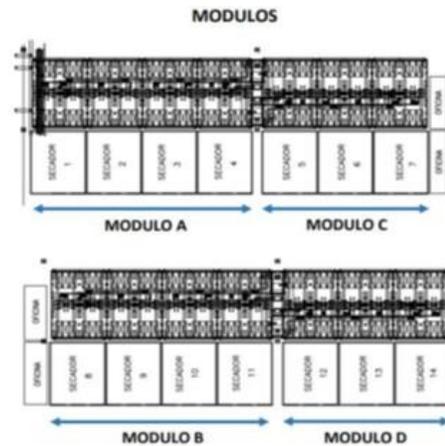
Fuente: consulta de S.p.A. Marcheluzzo [1].

2.3 Distribución de microambientes

Del plano general del proyecto, los 14 microambientes se dividieron en módulos (figura 3), ya que los “Planos estructurales” indican que hay microambientes que comparten

número de piezas idénticas y otros donde existen elementos estructurales iguales, pero con diferente posicionamiento en el armado. Además, se decidió dividirlos para llevar un mejor monitoreo y control en el número de piezas y tornillería.

Fig. 3. Módulos seccionados de microambientes.

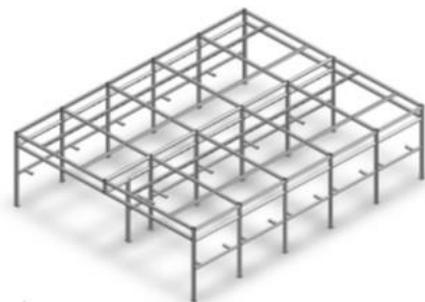


Fuente: elaboración propia a partir de requerimiento industrial.

2.4 Diseño estructural - microambiente con proyección isométrica.

Una de las actividades desarrolladas con el software de diseño SolidWorks [2] en este proyecto, fue el modelado y proyección isométrica de cada uno de los microambientes (figura 4), teniendo así una representación visual de la estructura tridimensional en un plano bidimensional. Si bien estos diseños y/o modelados no están registrados bajo norma, sirven para la correcta interpretación en el proceso de armado.

Fig. 4. Proyección isométrica del microambiente.



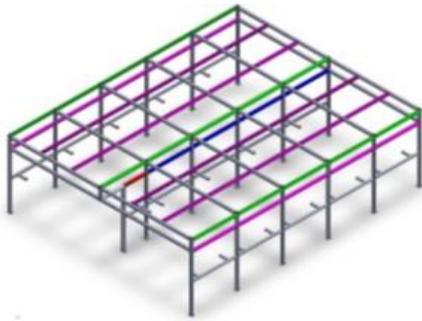
Fuente: elaboración propia a partir de requerimiento industrial.

2.5 Elemento estructural 1 | Canal C | Largueros

El Canal de Acero ASTM A36 es una forma de C estructural de acero dulce laminado en caliente con ángulos de radio interior. Su configuración en forma de C o en forma de U es ideal para mayor resistencia y rigidez sobre el ángulo de acero cuando la carga de su proyecto es vertical u horizontal. Esta forma de acero es fácil de soldar, cortar, formar y mecanizar con el equipo y los conocimientos adecuados [3].

En la figura 5 se observa uno de los catorce secadores en formato 3D, donde se muestra el material comercial de canal C empleado en la estructura.

Fig. 5. Elementos estructurales requeridos “Canal C” en vista 3D.

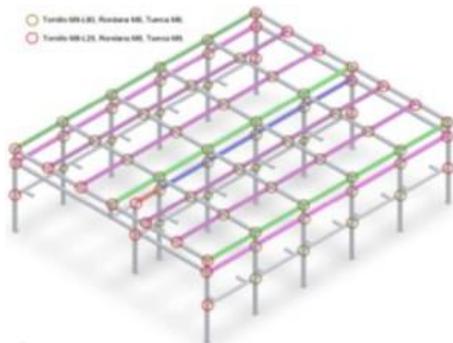


Fuente: elaboración propia a partir de requerimiento industrial.

2.6 Tornillería para el armado de la estructura del microambiente

Gracias al diseño isométrico de la estructura del microambiente, se reutilizó y referenció la ubicación exacta del uso de los tornillos para una mejor interpretación en el montaje, esto con base a los planos estructurales del proyecto. En la figura 6, se observa uno de los catorce secadores en formato 3D, donde se muestra la localización exacta de tornillos M8 implementado en el montaje de la estructura; se diferencian dos círculos, correspondientes a la longitud o extensión del tornillo, que son 80mm o 25mm según corresponda. Además del uso del tornillo, se considera el uso de rondana M8 y su respectiva tuerca M8 [4].

Fig. 6. Localización de tornillos M8 en microambiente.



Fuente: elaboración propia a partir de requerimiento industrial.

2.7 Etapa 1 | Preparación

En esta etapa del proyecto fue necesario dismantelar los microambientes actuales pero obsoletos (figura 7). La preparación incluyó el dismantelado eléctrico hasta el estructural del microambiente.

Fig. 7. Microambiente obsoleto anterior.



Fuente: elaboración propia a partir de disposición inicial.

Desmantelado eléctrico: Para poder realizar esta actividad fue necesario con base a las normas NOM-030-STPS-2009 y NOM-002-STPS-2010, al usar el procedimiento de seguridad que se utiliza para garantizar que el microambiente se apague correctamente y no se pueda volver a encender después de la instalación del nuevo microambiente, conocido en la industria como procedimiento “Lockout–tagout” [5] (figura 8) y el Equipo de Protección Personal correspondiente a trabajos eléctricos.

Fig. 8. Microambiente obsoleto después de procedimiento “Lockout–tagout”.



Fuente: elaboración propia a partir de trabajo realizado.

2.8 Etapa 2 | Armado Estructural

Para la estructura del microambiente fue necesario acoplar dos pilares con los ya conocidos “aviones”, elementos conocidos como largueros. Esto con el objetivo de levantar dos columnas ya estables en una parte del armado. Dicho inicio de armado se tomó en cuenta desde la parte izquierda inferior de los planos estructurales. Se detalla el paso uno en la figura 9.

Fig. 9. Columnas base de armado.



Fuente: elaboración propia a partir de diseño realizado.

En la figura 10 se observa el armado de dos microambientes, uno de ellos se encuentra justo en el paso número dos de armado. La idea era armar uno y alinearlos con referencias del plano para que luego el segundo armado sea más rápido,

teniendo como referencia este último microambiente armado (6).

Fig. 10. Etapa de armado estructural.



Fuente: elaboración propia a partir de trabajo realizado.

2.9 Etapa 3 | Instalación de accesorios para flujo de aire caliente

Instalación de ángulo tipo 1 (4 x 4cm)

Se muestra en la figura 1, para la instalación de ángulos, los planos generales indican la referencia de medida y en donde van instalados estos ángulos con respecto a la estructura del microambiente. Así pues, a nivel de piso son cuatro los ángulos los que están a un costado de los pilares. De igual forma, son otros cuatro los que están al límite de los largueros a altura media de la estructura del microambiente.

Fig. 11. Instalación de ángulo tipo 1.



Fuente: elaboración propia a partir de trabajo realizado.

Se colocaron tres tipos de láminas en las que fluirá el aire caliente a partir de la unidad de tratamiento de aire, se muestra en la figura 12. La variación consiste en la ubicación diferente de un recorte rectangular, esto con la idea de que el microambiente tenga una buena distribución de calor.

Fig. 12. Instalación de láminas distribuidoras de calor.



Fuente: elaboración propia a partir de trabajo realizado.

2.10 Etapa 4 | Instalación de ductos

Con los recortes ya enmarcados y referenciados, se continúa con el armado de ductos, se muestra en la figura 13. El armado se basa en el plano principal del proyecto, donde indica los diámetros y su correcta orientación. Todos los ductos llegan a cada uno de los microambientes, donde es la unidad de tratamiento de aire (UTA), la que se encarga de generar todo el aire caliente y justo los ductos son los encargados de distribuir de manera equitativa el calor generado por la UTA.

Fig. 13. Instalación de ductos.

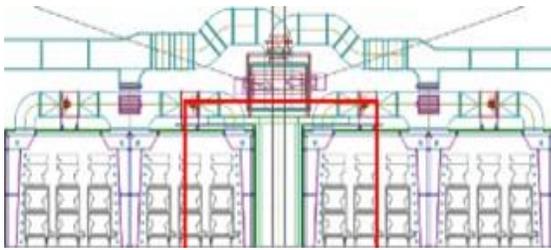


Fuente: elaboración propia a partir de trabajo realizado.

2.11 Etapa 5 | Diseño y cálculo de estructura "Soporte UTA"

Para esta etapa del proyecto, fue necesario el diseño de una estructura intermedia entre los microambientes (figura 14) que cumpliera con algunas especificaciones generales: Soportar un peso de 1.5 toneladas con cargas puntuales y distribuidas, esto considerando que la Unidad de Tratamiento de Aire (UTA) tiene un peso de 1460 kgf según la ficha técnica del fabricante. Con medidas generales de: Frente: 4500 mm, largo: 4300 mm y alto: 3395 mm, que son las correspondientes a las medidas de las unidades tratadoras de aire.

Fig. 14. Estructura "Soporte UTA".



Fuente: Empresa donde se realiza el proyecto.

Para aprobar la propuesta, fue necesario hacer un balance entre el factor económico y principalmente la seguridad de la estructura, para ello primero se realizaron cálculos para el análisis de carga crítica en los pilares principales de apoyo con ayuda de la fórmula de Euler según Montúffar, Franko [7].

$$P_{cri} = \frac{\pi^2 * E * I_{min}}{L e^2} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$L e = k * L \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

E = Modulo de elasticidad, I_{min} = Inercia mínima del perfil, L = Longitud, k = contante de apoyo

Fig. 14. Ficha técnica perfil VIGA IPR.

Designación Perfil IPR				Peso	
d X Peso		d X b		kg/m	lb/pie
plg x lb/pie	mm x kg/m	plg	mm		
W6 X 12	153 X 18.0	6" x 4"	153 x 102	18.0	12.0

DIMENSIONES				
Área	Peralte "d"	Espesor del alma "t"	Patin "b"	Espesor del patin "tf"
cm ²	mm	mm	mm	mm
22.9	153.0	5.8	102.0	7.1

PROPIEDADES					
EJEX - X			EJEY - Y		
I	S	r	I	S	r
cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm
920	120	6.3	124	25	2.3

Fuente: ficha técnica de FORTACERO [8].

Datos:

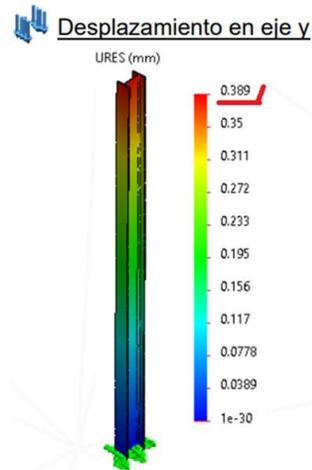
Viga: IPR 6" x 4", Material: Acero ASTM A36, Modulo de Elasticidad: 200 GPa, Longitud: 3.217 m, Inercia mínima en x: 920 cm⁴, Inercia mínima en y: 124 cm⁴. De la ecuación 1:

$$P_{cri} = \frac{\pi^2 * 200 * 10^9 * 124 * 10^{-8}}{6.434^2} = 59,127.4N \approx 6,029kgf$$

Los resultados de la fórmula de Euler indican con base en las propiedades mecánicas y geométricas del perfil estructural a utilizar, maneja una carga critica de 6 toneladas. En nuestro caso se maneja un peso de 1.5 toneladas y con base a los resultados obtenidos por software [SolidWorks Simulation],

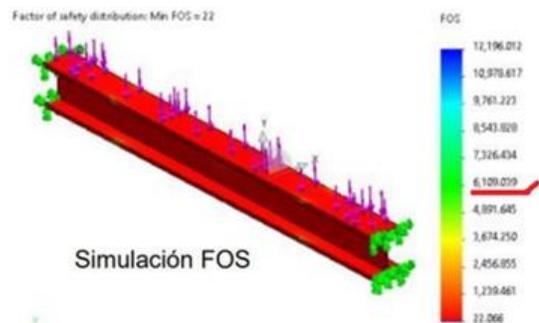
indican, entre otros que estos pilares y/o columnas pueden llegar a tener un desplazamiento en milímetros de 0.389 a 6 toneladas, como se muestra en la figura 15. Considerando que la UTA pesa 1460 kg, no hay indicio de ruptura o desplazamiento significativo; por lo que se concluye que este tipo de material "IPR 6 X 4 in" si es viable. Además, los resultados por el software dedicado, indica que a una carga de 1.5 toneladas, los travesaños pueden llegar a tener 0.067 mm de desplazamiento vertical (considerando cargas distribuidas). El mismo software con base a los resultados, proyecta un factor de seguridad (FOS) de 6, como se muestra en la figura 16.

Fig. 15. Resultados de software a ecuación de Euler.



Fuente: elaboración propia a partir de simulación.

Fig. 16. Resultados de simulación de "Estructura UTA".



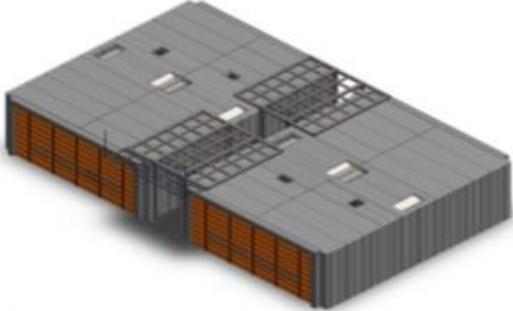
Fuente: elaboración propia a partir de simulación.

3. RESULTADOS

El desarrollo principal de este proyecto se centró en el armado de elementos estructurales y accesorios para un microambiente, incluye paneles aisladores, láminas distribuidoras de calor, instalación de cortinas automáticas, entre otras, realizar el diseño y armado de una estructura encargada de sostener a la Unidad Tratadora de Aire (UTA).

Incluye la lista de materiales a comprar y/o usar, plano de diseño para su fabricación, cálculos fundamentados en resistencia mecánica de materiales, simulación de resistencia mecánica con ayuda de software dedicado, como se muestra en la figura 17, la modificación de la Unidad Tratadora de Aire (UTA), con la implementación de un nuevo diseño de estructura donde ayuda a mantener el mismo sistema de movimiento sin afectar su funcionamiento.

Fig. 17. Vista isométrica de las principales actividades desarrolladas.



Fuente: elaboración propia a partir de diseño

3.1 Se mencionan las ventajas del nuevo microambiente instalado:

En la figura 18 se muestra el nuevo microambiente donde el tiempo de ciclo (CT), de 24 horas se redujo a 18 horas, representando 6 horas de ahorro por ciclo.

Con este respecto, de producir \$120,375 pesos mexicanos por CT mejora la producción a \$160,500 pesos mexicanos. Generando con esto una facturación adicional por \$40,125 pesos mexicanos por CT. \$1,203,750 pesos mexicanos por mes, \$14,445,000 pesos mexicanos por año.

Se logra el monitoreo constante de variables como son: la temperatura, la humedad, entre otros, en tiempo real. Además, se cuenta con una memoria que guarda y/o registra datos indispensables para el área de producción.

También la figura 19 muestra el Control amigable Human-Machine Interface (HMI), de fácil manejo para el operario donde le permite registrar los datos y genera graficas con base a las variables del proceso.

Fig. 18. Nuevo microambiente industrial.



Fuente: elaboración propia a partir de trabajo realizado.

Fig. 19. Control HMI del nuevo Microambiente.



Fuente: elaboración propia a partir de trabajo realizado

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.

Se tomaron en cuenta no solo experiencia del personal del área sino también de las normas oficiales mexicanas que aprueban y certifican la seguridad e higiene en el área y realización de trabajo.

Con respecto al diseño y armado de estructuras metalmeccánicas, a medida que el diseño se desarrolla hay más información disponible, la metodología de planificación de costos cambia y es posible cuantificar los materiales clave y probar las asignaciones iniciales hechas en las etapas de diseño del esquema en simuladores de diseño. Durante el cálculo detallado del costo del acero estructural, se consideró una serie de factores junto con el volumen general de materiales, como es la venta de tramos comerciales, el efecto de la resistencia mecánica, entre otros.

Se consideró que el costo de la estructura debe ser óptima siempre al menor costo posible, considerando ante todo la seguridad de cargas estáticas de la estructura, obteniendo el mejor resultado y/o validación a partir de un análisis estructural en simulador y comprobando resultados con cálculos previos.

Recomendaciones

- 1.- Implementación de cursos y/o capacitación de normas de seguridad NOM-006-STPS-2014, que pide como requisito la empresa.
- 2.- Se recomienda la compra de lámparas frontales como accesorios para el casco de seguridad, puesto que en el área de trabajo existen áreas confinadas sin acceso a la luz e incluso fuentes de alimentación de voltaje. Esta compra ayudaría principalmente en la etapa de instalación e inspección de ductos.

4.1 Observaciones generales

Agradecemos al ingeniero Juan Juárez y al Ingeniero Brandon Gallegos por su colaboración activa y las facilidades prestadas para la publicación del presente documento. Consideramos es de suma importancia mostrar como a través del trabajo en equipo y profesional de la empresa IASA Metal en colaboración y asesoría de la Universidad Tecnológica de Aguascalientes, podemos continuar con la sinergia de apoyar

al sector productivo de la región en beneficio de los sectores sociales locales y globales.

5. REFERENCIAS

- [1] S.p.A., Marcheluzzo. "La importancia del pre secado en la producción de Sanitarios". [En línea] 2023. [Citado el: 4 de 12 de 2023.] Disponible en: <http://surl.li/nykhr>
- [2] Systèmes, Dassault. SolidWorks Corporation. "Design/Engineering". [En línea] 2023. Disponible en: <http://surl.li/nykhx>
- [3] Mart, Steel. "aceros y metales". [En línea] 2023. [Citado el: 4 de 12 de 2023.] Disponible en: <http://surl.li/nxkft>.
- [4] TOREC, Tornillos. Tecnología de Shopify. "Tornillos". [En línea] 2023. Disponible en: <http://surl.li/nykjx>.
- [5] Brady Worldwide, Inc. Lockout Tagout Devices and Kits. "Locked in on all things Lockout Tagout, since the inception of CFR 1910.147". [En línea] 2023. Disponible en: <http://surl.li/nykid>
- [6] Mendoza Miranda J.M., Tiscareño Macías A., Rubio Arana J.C., Gallegos Muñoz A., Rodríguez Cruz R. A. "Diseño de un secador de productos cerámicos". [ed.] SOMIM. A5_40 , Obregón, Sonora. México: s.n., 23 de septiembre de 2009, memorias del XV congreso internacional anual de la SOMIM, págs. 1069-1077. Disponible en: <http://surl.li/nykjc>
- [7] Montúffar, Franko. "Formula de euler para columnas largas o muy esbeltas". Universidad Alas Peruanas, Arequipa , Peru : 2023. Disponible en: <http://surl.li/nykkw>
- [8] FORTACERO. Viga IPR. [En línea] 2019. [Citado el: 1 de 3 de 2024.] disponible en: <https://shorturl.at/stDF4>
- [9] Systèmes, Dassault. SolidWorks Corporation. "SolidWorks Simulation". [En línea] 2023. Disponible en: <http://surl.li/nyjds>.